

Edgar Serna M. (ed.)



# Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era

Edición 2

Editorial  
Instituto Antioqueño de Investigación  
© 2023



Edgar Serna M. (ed.)

# Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era

Edición 2

ISBN: 978-628-95799-3-2

Ciencia transdisciplinar en la nueva era; (ed.), Edgar Serna M. -- Segunda edición.  
-- Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación, 2023.  
1 recurso en línea: archivo de texto: PDF. -- (Ingeniería y ciencia)

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN 978-628-95799-3-2

1. Investigación científica 2. Educación - Investigaciones 3. Ingeniería - Investigaciones I. Serna M., Edgar, editor

CDD: 001.4 ed. 23

CO-BoBN-a1130751

Investigación Científica

ISBN: 978-628-95799-3-2

DOI: 10.5281/zenodo.10144974

Hecho el depósito legal digital

Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era

Serie: Ingeniería y Ciencia

Editorial Instituto Antioqueño de Investigación

Edición 2: noviembre 2023

Publicación electrónica gratuita

©2023 Instituto Antioqueño de Investigación IAI™. Salvo que se indique lo contrario, el contenido de esta publicación está autorizado bajo Creative Commons Licence CC BY-NC-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)



Editorial Instituto Antioqueño de Investigación es Marca Registrada de la *Corporación Instituto Antioqueño de Investigación*. El resto de marcas mencionadas en el texto pertenecen a sus respectivos propietarios.

La información, hallazgos, puntos de vista y opiniones contenidos en esta publicación son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Corporación Instituto Antioqueño de Investigación; no se garantiza la exactitud de la información proporcionada en este texto.

Ni el autor, ni la Editorial, ni la Corporación Instituto Antioqueño de Investigación serán responsables de los daños causados, o presuntamente causados, directa o indirectamente por el contenido en este libro.

Maquetación: Corporación Instituto Antioqueño de Investigación

Diseño, edición y publicación: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación

Financador de la publicación: Corporación Instituto Antioqueño de Investigación

Corporación Instituto Antioqueño de Investigación

<http://fundacioniai.org>

[contacto@fundacioniai.org](mailto:contacto@fundacioniai.org)

Editorial Instituto Antioqueño de Investigación

<https://fundacioniai.org/index2.html>

[contacto@fundacioniai.org](mailto:contacto@fundacioniai.org)

Medellín, Antioquia



**Área de Ciencias**

*Ciencia transdisciplinar para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad*

---

Potencialidad de fuentes alternativas agrícolas para la producción energética en el sector cafetero El Pital, Huila Colombia

*José Luis Castillo Falla* 1  
*Oscar Andrés Goyeneche Polanía*  
*Luis Alexander Carvajal Pinilla*

---

Incidencia de la insolvencia empresarial en el sector hotelero: Un análisis descriptivo

*Luz Helena Mendoza Castro* 11  
*Jorge Armando Carreño Bernal*  
*Javier Mauricio Mendoza Paredes*

---

Hasta dónde deber llegar la Inteligencia Artificial para que sea útil y necesaria para la humanidad

*Omar Iván Trejos Buriticá* 23  
*Luis Eduardo Muñoz Guerrero*  
*Jorge Iván Ríos Patiño*

---

Debates sobre la complejidad, reflexiones y mediaciones educativas

*July Alexandra Villalba Rodríguez* 31

---

Obtención de bioelastómeros para uso en construcción a partir de la cáscara de piña

*Karen Andrea Torrado Verjel* 43  
*Paula Andrea Mendoza Rojas*  
*Helber Mauricio Camargo Barrera*

---

Introducción a la inteligencia de mercados de los biopolímeros naturales: Caso de bioelastómeros a partir de la cáscara de piña

*Pablo Andrés Pérez Gutiérrez* 49  
*Paula Andrea Mendoza Rojas*  
*Walter Pardavé Livia*

---

Perspectivas del espacio en clave de discapacidad: Aproximaciones desde el territorio a la relación invidente-vidente

*Andrea del Pilar Arenas* 63  
*Gloria Esperanza Castellanos*  
*Juan Manuel Aldana*  
*Tito Lara Másmela*

---

Herramientas de Lean Healthcare LH en unidades hospitalarias: Una revisión sistemática

*Nelson Vladimir Yepes González* 72  
*Hernando Alexander Gutiérrez Sánchez*  
*Magda Viviana Monroy Silva*

---

Comportamiento de compra empresarial y de hogar en la adquisición de productos desechables y biodegradables

*René Mauricio Peñarredonda Quintero* 93  
*Yineth Marcela Reyes Quintero*

---

Presente y futuro de una hipotética ciencia de la salud

*Luis Fernando Toro Palacio* 108

---

Innovación social en clave de discapacidad visual: Interfaz háptica para la orientación y la movilidad	<i>Juan Manuel Aldana Porras</i> <i>Andrea del Pilar Arenas</i> <i>Gloria Esperanza Castellanos García</i> <i>John Fredy Montes Mora</i>	121
Análisis de accesibilidad geográfica a centros de atención médica mediante el uso del modelo E2SFCA. Caso de estudio: Armenia, Colombia	<i>Jhonatan E. Barrios</i> <i>Diego A. Escobar</i> <i>Carlos A. Moncada</i>	132
Rol de las estrategias y barreras a la digitalización en la adopción de tecnologías en las Mipyme	<i>Tatiana Julieth Suarez Pedraza</i> <i>Elsa Beatriz Gutiérrez Navas</i>	143
Diseño y construcción de un sistema de extracción de fluidos supercríticos para la obtención de cannabinoides	<i>James Alberto Marín Gómez</i>	156
Fabricación de apósitos de ácido Poli (L-Láctico) de alto peso molecular mediante electrohilado susceptibles a ser utilizadas en personas que han sufrido un accidente de tránsito en Colombia	<i>José Peñaranda-Armbrrecht</i> <i>Mario José Correa-Quiceno</i> <i>Jennifer Alejandra Castellanos-Garzón</i> <i>Héctor Fabio Zuluaga-Corrales</i>	167
Factores claves para el futuro a largo plazo de la moda sostenible en Colombia	<i>Daniela Suárez Moreno</i> <i>Elsa Beatriz Gutiérrez Navas</i>	177
Identificación y valoración de riesgos en la fábrica Inversiones F.B en el municipio de Gachalá, Colombia	<i>Angye Lizbeth Mahecha Alfonso</i> <i>Cesar Alejandro García Moleno</i>	193
Síntesis y caracterización OSL de vidrios MBO dopados con Ce <sup>3+</sup> , Dy <sup>3+</sup> y Co-dopados con Li	<i>Gerardo Rivera Barrera</i> <i>Luis Carlos Losada Benavides</i> <i>Vladimir Rivera Barrera</i>	204
Relaciones ecosistema-cultura: Un avance en el abordaje actual y futuro de la investigación ambiental integral y su problemática	<i>Rubén Danilo Bourdon García</i> <i>Saudhy Anais Miranda Villamizar</i> <i>Henry Armando González Rodríguez</i> <i>Daniel Antonio Roa Arévalo</i> <i>Elizabeth Bustos Linares</i>	214
Reflexiones en torno al papel de la antropomorfización de la marca de lujo y sus implicaciones en el sujeto: Una mirada crítica desde las ciencias sociales	<i>Juan Camilo Vallejo-Vélez</i> <i>Juan Camilo Giraldo-Aristizábal</i> <i>Klaus Heine</i>	232
La gestión de proyectos en investigación: Una revisión de la literatura	<i>Juan Carlos González Pérez</i>	245
Influencia de la Región Centro de México en la contaminación del Río Turbio	<i>Ana Luisa González Arévalo</i>	260

Erosión de arena sobre un recubrimiento polimérico de uso aeronáutico	<i>Jorge I. Navarro Ospino</i> <i>German L. García Monsalve</i> <i>Nelson A. Vanegas Molina</i>	269
Rediseño de un equipo de desgaste abrasivo para evaluar la durabilidad de materiales viales estabilizados	<i>Nathalia Marín-Pareja</i> <i>Camilo Rodríguez Salcedo</i> <i>Ramiro Isaza Escobar</i> <i>Fabio Bahos Narváez</i> <i>Eliana Llano, Gloria Restrepo</i>	281
Biofiltración para la biodegradación de Metiletilcetona	<i>Elsa Marcela Ramírez López</i> <i>Catalina Janine Moreno Jiménez</i>	297
<b>Área de Educación</b>		
<i>Por un Sistema de Educación que realmente forme personas y capacite profesionales</i>		
Motivación hacia la lectura durante la trayectoria escolar	<i>Olga Lucía Bohórquez Urrego</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	308
Estrategias pedagógicas para fortalecer la resiliencia en la primaria del Gimnasio el Hontanar en tiempos de Pandemia del 2020-2022	<i>Diana Cáterin Rojas Pérez</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	323
El camino de la innovación metodológica para una aproximación fenomenológica de la lectura en el aula	<i>Cristian Eugenio Carvajal López</i> <i>Nathaly Lozano Balanta</i>	339
Metodologías ágiles en la educación del diseño gráfico con compromiso social emergente	<i>Jorge Alberto Cid Cruz</i> <i>José Ramón Rodríguez Esquer</i>	349
El desafío de la educación en la construcción de nuevas subjetividades y temporalidades colectivas en los escenarios escolares	<i>Mónica Muñoz Gallego</i> <i>Juan Carlos Muñoz Gallego</i>	364
El desarrollo de las habilidades motrices en edades tempranas: Una revisión sistemática	<i>Alexandra María Silva Monsalve</i> <i>Marcos Alejo Sandoval Serrano</i> <i>Bryant David Bohórquez Caro</i>	376
Análisis del acompañamiento docente en el centro de práctica clínica inicial de fisioterapia en una clínica del norte de Bogotá, Colombia	<i>Ingrid Johanna Romero Montilla</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	385
Enseñanza de la investigación cualitativa en programas de postgrado en salud y educación en Bogotá, Colombia	<i>Laura Belkis Parada Romero</i>	399
Proceso de diseño de un elemento pedagógico para enseñar proyecciones ortogonales a estudiantes de ingeniería	<i>Enrique Carlos Ordoñez Villareal</i> <i>Vera Judith Santiago Martínez</i>	410

Fortalecimiento de habilidades en la capacitación de formadores-asesores: Una experiencia culinaria	<i>Sulma Paola Vera-Monroy</i> <i>Fernando Fernández-Romero</i> <i>Francy Milena Linares-Vanegas</i>	420
Uso adecuado de la inteligencia artificial para el desarrollo de las competencias comunicativas de los estudiantes universitarios	<i>Bárbara Patricia Arias Cortés</i> <i>Maryluz Castro Moreno</i>	435
Tecnología de asistencia: Una oportunidad para la educación en ingeniería humanitaria y comunitaria. Un estudio de caso en Cali, Colombia	<i>Andrés González-Vargas</i> <i>Oscar Campo</i> <i>M. Alejandra Ramírez-Torres</i> <i>Andrés Zemanate</i> <i>Alexander Agudelo-Orozco</i>	447
Interdisciplinariedad en un programa de formación inicial de profesores de matemáticas: Un estudio documental	<i>Alexander Castrillón-Yepes</i> <i>Paula Andrea Rendón-Mesa</i> <i>Jhony Alexander Villa-Ochoa</i>	461
Análisis del efecto de la implementación de una experiencia mediante la metodología aprendizaje-servicio sobre la actitud de estudiantes de ingeniería	<i>Juan Pablo Sebastián Segovia Rivera</i> <i>Rubí Margarita Arrizaga Zercovich</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i> <i>Elizabeth Marliet Jara Maldonado</i>	480
Análisis de la influencia de impartir contenidos académicos sobre inteligencia emocional en el desarrollo de competencias laborales	<i>Maritza Marleney Gómez Barreto</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	496
Evaluación de los resultados de aprendizaje: Una experiencia significativa	<i>Claudia Marcela Durán Chinchilla</i> <i>Alveiro Alonso Rosado Gómez</i> <i>Martín Humberto Casadiegos Santana</i>	509
Integración de la educación ambiental y la agricultura familiar a través de la adopción de prácticas agroecológica	<i>Natalia Escobar</i> <i>Elizabeth A. Escobar</i> <i>María C. Velásquez</i> <i>Gonzalo Escobar</i>	517
Entre la Ingeniería y la Inteligencia Artificial: Aproximaciones positivas en un mundo cambiante	<i>Omar Iván Trejos Buriticá</i> <i>Luis Eduardo Muñoz Guerrero</i> <i>Jorge Iván Ríos Patiño</i>	531
Inteligencia Artificial y formación de ingenieros: Nuevas estrategias para los profesores	<i>Omar Iván Trejos Buriticá</i> <i>Luis Eduardo Muñoz Guerrero</i> <i>Jorge Iván Ríos Patiño</i>	539
Análisis de los aspectos motivacionales incidentes en la actitud hacia los aprendizajes matemáticos en estudiantes colombianos de Licenciatura en Educación		550

	<i>Giovani Alfonso Mejía Pérez</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	
Análisis de la apreciación del efecto del absentismo con el rendimiento escolar de estudiantes colombianos de secundaria		564
	<i>José Henry Plazas Guío</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	
Diseño de un instrumento de apoyo al proceso de titulación en la Universidad Arturo Prat de Chile		576
	<i>Jaime Augusto Lam Moraga</i> <i>Paola Karen Mamani Apala</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	
Diseño de una central de apuntes estudiantiles como agente de acompañamiento académico para estudiantes universitarios		590
	<i>Francisco Javier Cartes Arenas</i> <i>Jammy Denisse Robledo Monroy</i>	
Carencias pedagógicas y didácticas: Una mirada reflexiva de los procesos de formación de los licenciados		603
	<i>Zulma Estela Muñoz Burbano</i> <i>María Alejandra Narváez Gómez</i> <i>María Lorcý Rosero Mora</i>	
Simulación numérica para la enseñanza-aprendizaje de física de estrellas de neutrones		613
	<i>Edgar Miguel Vargas Chaparro</i> <i>José Luis Rativa Medina</i>	
Competencias pedagógicas para la inclusión educativa: Una experiencia no una tendencia		627
	<i>Solangela Andrea Sánchez Montecinos</i>	
Estrategias de enseñanza-aprendizaje para fortalecer competencias comunicativas en estudiantes colombianos del grado undécimo		644
	<i>Ana Angélica Paya Torrijos</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	
Transformando la educación superior a través de la gamificación: Nuevas miradas y oportunidades		659
	<i>Mauricio Perdomo Vargas</i>	
Predicción del rendimiento académico en estudiantes de primer semestre a través del aprendizaje automático: Un enfoque utilizando los resultados de la Batería de Aptitudes Diferenciales y Generales BADyG		673
	<i>Edwin Romero Cuero</i> <i>Luis Fernando Castro Rojas</i> <i>Esperanza Espitia Peña</i>	
Hacia un futuro sostenible: Análisis reflexivo de la educación ambiental en el marco normativo colombiano de los Proyectos Ambientales Escolares PRAE		679
	<i>Mirta Yuley Porras Lugo</i> <i>Natalia Escobar Escobar</i>	
Criterios de selección universitaria y su relación con el rendimiento académico de estudiantes de Tecnología Médica de primer año en Chile		692
	<i>Diego Nocetti</i> <i>Maura Auad</i> <i>Iván Guzmán</i> <i>Mario Dueñas</i> <i>Kathia Villalobos</i>	
El sistema Educativo Intercultural Bilingüe: Una utopía para los Centros Educativos Comunitarios Interculturales Bilingües CECIB del distrito 15D01 de Tena, Ecuador		704



	<i>Anabel del Cisne Luna Quito</i> <i>Alison Torres Jamilet Ramírez</i> <i>Carlos Vicente Llerena Aguilar</i> <i>Pedro Daniel Cadena Nogales</i>	
Producciones literarias con evaluación auténtica para la generación de competencias comunicativas en educación básica		720
	<i>Luz Mary Cuellar González</i> <i>Ana Patricia León Urquijo</i>	
Diálogos interculturales entre saber pedagógico y currículo en las Escuelas normales superiores de Antioquia, Colombia		730
	<i>Juan Esteban Quiñones Idárraga</i>	
Diseño de una metodología para favorecer el trabajo en equipo en estudiantes de ingeniería		743
	<i>Sulma Paola Vera-Monroy</i> <i>Santiago Monsalve-Silva</i> <i>Fernando Fernández-Romero</i> <i>Marisol Sandoval-Chaves</i>	
Diagnóstico de valores ambientales en estudiantes de la educación básica primaria		761
	<i>Damaris Vanegas Calimeño</i> <i>Ana Patricia León Urquijo</i>	
Determinación de los saberes de los estudiantes sobre el compostaje con residuos orgánicos como abono en huertas escolares		775
	<i>Solaisi Castro Silva</i> <i>María de Los Ángeles Cosme</i>	
Las actitudes latentes hacia el mejoramiento del ambiente del río Mayorquín con estudiantes de la educación básica		786
	<i>Daisy Lorena Mina Congo</i> <i>Maira Jisela Montenegro Hurtado</i>	
Las azoteas desde los saberes ancestrales para la construcción de la seguridad alimentaria sostenible		799
	<i>Betsy Viviana Jaramillo Rosero</i> <i>Exbling Magaly Saa Estacio</i>	
Innovación en el aula: Percepción del profesor de ingeniería		811
	<i>Vera J. Santiago-Martínez</i> <i>Andrea C. Prieto-Royet</i>	
Propuestas educativas orientadas al fomento de una ciudadanía para la paz: Aproximación desde una revisión documental		818
	<i>Alexander Gómez Flórez</i> <i>Luis García-Noguera</i>	
El ecosistema emocional en una educación para la vida		832
	<i>Delia Liset López Valencia</i>	
<b>Área de Ingeniería</b>		
<i>Ingeniería para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad</i>		
Comercialización de humus a partir de residuos orgánicos en el norte de Chile a través del diseño de un plan de negocios		844
	<i>Esteban Campos Barra</i> <i>Francisco Cartes Arenas</i> <i>Juan Luza Contreras</i>	
Análisis de impactos urbanos de ampliación aeroportuaria. Caso de estudio: Aeropuerto El Dorado, Bogotá, Colombia		864

	<i>Oscar Díaz Olariaga</i>	
Criterios y procesos de selección para edificaciones que se adecuan como instituciones de educación de primera infancia	<i>Deisy Carolina Duran Jiménez</i> <i>José Omar Salinas Suarez</i> <i>Olga Lucia Vanegas Alfonso</i>	879
Mitigación del impacto de los bajantes de aguas lluvias en el espacio público mediante un proceso de sensibilización en una comunidad	<i>Deivy Brando Muñoz Arias</i> <i>Danny Wilfer Medina Cruz</i> <i>Olga Lucia Vanegas Alfonso</i>	887
Desarrollo de un aplicativo móvil para promover y ayudar a la recuperación de materiales sólidos	<i>Walter Pardavé Livia</i> <i>Pedro Luis Delvasto Angarita</i> <i>Diego Andrés Ballesteros Rivera</i>	901
Una propuesta para reutilizar y aprovechar los residuos de madera generados en las obras de construcción	<i>Joel Felipe Zapata Sosa</i> <i>Juan David Fuentes Nieto</i> <i>Olga Lucia Vanegas Alfonso</i>	911
Fabricación de cartón y envases troquelados en el norte de Chile a través del diseño de un Plan de Negocios	<i>Jorge Sebastián Basulto Escobar</i> <i>Paola Karen Mamani Apala</i> <i>Francisco Javier Cartes Arenas</i>	923
Desarrollo e implementación del Sistema de Contabilización de Aportes Ambientales SACOUDES en una comunidad universitaria	<i>Walter Pardavé Livia</i> <i>Nury Farelo Velásquez</i> <i>Jeison Mauricio Delgado González</i>	942
Aplicación móvil para el reconocimiento de los sitios turísticos en el municipio de Chiquinquirá, Colombia	<i>Fredy Leonardo Rodríguez Ibáñez</i> <i>Alexandra María Silva Monsalve</i>	951
Soluciones acústicas para la caracterización metalúrgica en un acero modificado micro estructuralmente	<i>Jorge Vera Alvarado</i> <i>Luis Caballero García</i> <i>Martín Taboada Neira</i>	960
Evaluación de calidad en acero de refuerzo soldado en junta a tope indirecta sin precalentamiento	<i>Jorge Vera Alvarado</i> <i>Luis Caballero García</i> <i>Martín Taboada Neira</i> <i>María Elena Cacho Munenaka</i>	968
Valorización de efluentes industriales mediante la obtención de gas natural sintético: Biomasa residual agroindustrial y gases chimenea de cementera	<i>Yuliana Quintero</i> <i>James Marín</i> <i>Luis Ríos</i>	977
Uso de la ceniza para la solidificación del concentrado producido por el sistema de tratamiento de ósmosis inversa en un relleno sanitario en el Valle del Cauca, Colombia	<i>Valentina Molina-Molina</i> <i>Juan Manuel Moriones-Hernández</i> <i>Diego Fernando Rodríguez-Ospina</i>	990

	<i>Luis Eduardo Zapata-Giraldo</i> <i>Jennifer Alejandra Castellanos-Garzón</i>	
Impacto de la pandemia Covid-19 en la eficiencia aeroportuaria en Latinoamérica	<i>Oscar Díaz Olariaga</i> <i>Wolfgang Dupeyrat</i> <i>Julio Aguirre</i> <i>Felipe Delgado</i> <i>Carlos Marques da Rocha</i>	1000
Influencia de los finos en el comportamiento mecánico de una base granular	<i>José Rodrigo Alarcón Dallos</i> <i>Jorge Enrique Vargas Lizarazo</i>	1014
Zonificación de amenaza por inundación debido al desborde del río Magdalena en el municipio de Puerto Boyacá, Colombia	<i>Nancy Liliana Uribe García</i> <i>Mildred Liliana Monsalve Barragán</i> <i>Olga Lucía Vanegas Alfonso</i>	1023
Caracterización metalúrgica de un utensilio metálico para cocción de alimentos comercializado en el sector informal	<i>Jorge Vera Alvarado</i> <i>Martín Taboada Neira</i> <i>Luis Caballero García</i> <i>Nilthon Emerson Zavaleta Gutiérrez</i>	1038
Propuesta de modelo de negocio para la conversión de la cadena de valor lineal a la cadena de valor circular del lactosuero ácido	<i>Golda Meyer Torres Vargas</i> <i>Erika Marcela Pineda</i>	1047
Estrategias para un plan de mantenimiento integral en una empresa de embotellado	<i>Juan Daniel Díaz Marín</i> <i>Nelson Antonio Vanegas Molina</i>	1063
Evaluación de herramientas desarrolladas para la toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo	<i>Elisa del Carmen Navarro Romero</i> <i>Javier Neira Rueda</i> <i>Angie Ramírez Rubio</i>	1071
Análisis energético y ambiental de la implementación del Ciclo Orgánico Rankine ORC en la recuperación del calor residual de motores de combustión interna	<i>Ana Lisbeth Galindo Noguera</i> <i>Jesús Eduardo Sánchez Daza</i> <i>Luis Sebastián Mendoza Castellanos</i>	1083
Innovación y productividad en las Pymes: un análisis teórico	<i>Armando Mejía Giraldo</i> <i>Iván Darío Rojas Arenas</i> <i>Daniel Giraldo Sanclemente</i>	1093
Implementación de la metodología Lean Six Sigma: Un estudio de caso	<i>Diana Marcela Legarda Daza</i> <i>Nora Fernanda Arciniegas Sánchez</i>	1107
Aplicación en tiempo real de redes neuronales convolucionales YOLOv5 y YOLOv8 para la detección de autobuses del Sistema Integrado de Transporte Público SITP de Bogotá, Colombia	<i>Juan David Sandoval Valencia</i>	1119

	<i>Ricardo Alirio González Bustamante</i> <i>Sandra Milena García Ávila</i>	
Análisis comparativo entre YOLO y Haar Cascade para la detección de autobuses del Sistema Integrado de Transporte Público SITP en Bogotá, Colombia		
	<i>Ricardo Alfonso Gómez Suarez</i> <i>Julieth Alejandra Sandoval Estupiñán</i> <i>Paola Andrea Mateus Abaunza</i>	1135
Modelo tolerante a falla por ruido aleatorio con observador para servosistema electrohidráulico de posición	<i>Néstor Segundo Hoyos Arteaga</i> <i>Carlos Borrás Pinilla</i>	1150
Mejorando la productividad en proyectos de desarrollo de software: Un estudio de caso		
	<i>Luis Fernando Castro Rojas</i> <i>Esperanza Espitia Peña</i> <i>Edwin Romero Cuero</i>	1161
Gestión del mantenimiento: Una caracterización de las fallas de vehículos de carga terrestre		
	<i>Laura Alejandra Rubio Torres</i> <i>Charles Fernando Siolo Mangones</i> <i>Diana Karina López Carreño</i> <i>Arturo Yesid Córdoba Berrio</i> <i>Campo Eli Castillo Eraso</i> <i>Néstor Gabriel Forero Saboya</i> <i>Ofelia Barrios Vargas</i>	1171
Modelo para la gestión tecnológica en el área de producción del sector polímeros de Bucaramanga, Colombia		
	<i>Jonathan David Morales Méndez</i> <i>Mariana Arias Velandia</i>	1192
Propuesta de diseño de una persiana fotovoltaica por medio de la evaluación del potencial energético en sitio		
	<i>Michael Arenas Flórez</i> <i>Alonso de Jesús Retamoso Llamas</i> <i>Franky Yoan Cely Quesada</i> <i>Fabio Alfonso González</i> <i>Nayi Tatiana Guadrón González</i> <i>Leidy Tatiana Prieto Ayala</i>	1203
Propuesta de evaluación técnico-financiera para implementación de sistemas fotovoltaicos en instituciones de educación superior		
	<i>Franky Yoan Cely Quesada</i> <i>Alonso de Jesús Retamoso Llamas</i> <i>Michael Arenas Flórez</i> <i>Fabio Alfonso González</i>	1215

En la Nueva Era es común encontrar equipos de investigación que integran científicos provenientes de diversas disciplinas con el objetivo de comprender mejor y, en última instancia, de resolver los problemas complejos que enfrenta la humanidad de este siglo. Esta forma de trabajar se conoce como Ciencia Transdisciplinar y es un campo de la ciencia en el que científicos, con diversas perspectivas disciplinares, se asocian con la sociedad para comprender mejor y mejorar los procesos y resultados de la colaboración científica. En este libro, diversos académicos presentan su trabajo en Ciencia Transdisciplinar con el objetivo común de hacer progresar el campo con nuevos modelos, métodos y propuestas. En el texto se destacan los temas clave reflejados en cada capítulo y se identifican varias direcciones prometedoras para futuras investigaciones organizadas en torno a los desafíos de la humanidad en la Nueva Era. Asimismo, se hace un llamado a la acción a quienes lideran los sectores de investigación, financiamiento y práctica para que adopten estrategias de creatividad e innovación, en un esfuerzo colectivo para desarrollar Ciencia Transdisciplinar, lo que puede no solo hacer avanzar la ciencia en sí misma, sino, en última instancia, ayudar al desarrollo y la supervivencia de la humanidad.

En la Ciencia Transdisciplinar se reúnen científicos provenientes de diversas disciplinas con la sociedad para entender, comprender e informar mejor los procesos y los resultados de la ciencia en equipo. El grado de variación entre disciplinas, así como la amplitud de los campos de análisis, pueden afectar el tamaño y la complejidad de un equipo transdisciplinar. Como tal, el grado de complejidad de los problemas que abordan estos equipos puede, a su vez, influir en la amplitud y el grado de integración del conocimiento disciplinar necesario para explicarlos o resolverlos. La Ciencia Transdisciplinar ya ha superado la fase descriptiva o taxonómica de desarrollo, durante la cual se debatieron y definieron los términos clave, se operacionalizaron en contextos específicos y se integraron en marcos conceptuales más amplios.

El objetivo actual es consolidar el trabajo reciente en este campo mediante la evaluación de una variedad de cuestiones conceptuales, que se deben abordar como base para informar futuras iniciativas científicas en equipo; por ejemplo, examinar formas de categorizar y medir esfuerzos de colaboración, desarrollar modelos para conceptualizar aspectos clave e idear estrategias para mejorar, apoyar y sostener proyectos científicos en Ciencia Transdisciplinar. Un enfoque central en la taxonomía de la Ciencia Transdisciplinar se relaciona con la cantidad de disciplinas involucradas en los equipos y los tipos de interacciones que ocurren entre esas diferentes disciplinas.

Si bien para algunos autores todavía no se encuentra una definición acordada de Transdisciplinariedad, además de las discrepancias entre las diferentes definiciones propuestas, lo cierto es que existe un debate considerable sobre si existen o no diferencias claras entre interdisciplinariedad y transdisciplinariedad. En la financiación, en la práctica, en la investigación y en la divulgación, los términos interdisciplinar y transdisciplinar se utilizan indistintamente, haciendo referencia a connotaciones similares y diferentes en diversos entornos. La pluralidad de definiciones y operacionalizaciones de estos conceptos están integradas en las diferentes perspectivas y circunstancias en las que se lleva a cabo la ciencia colaborativa. Además, se necesita mayor claridad con respecto a las dimensiones subyacentes al concepto de disciplina científica, normalmente definida en términos de sus preocupaciones sustantivas, enfoques metodológicos y nivel de análisis, para ayudar a dilucidar mejor lo que se entiende por Ciencia Transdisciplinar.

Esas variaciones en las definiciones y operacionalizaciones de términos clave pueden dar lugar a enfoques de medición muy divergentes para evaluar la Ciencia Transdisciplinar, que probablemente perpetúen la confusión en la literatura y retrasen su progreso. Para construir un campo con una base científica sólida, que pueda sintetizarse y generalizarse, se requiere mayor claridad en la terminología básica para establecer una base sólida en futuros estudios. Para comprender y evaluar mejor las cualidades de valor agregado de la Ciencia Transdisciplinar, es importante que investigadores, científicos, académicos y sociedad trabajen juntos para encontrar puntos comunes, a medida que establecen marcos teóricos compartidos y estrategias de medición que puedan usarse para guiar futuros esfuerzos en la conceptualización del campo.

Hasta el momento, gran parte de la conceptualización e investigación en torno a los procesos y resultados de la Ciencia Transdisciplinar ha sido dirigida por científicos del comportamiento y, como tal, muchas de las estrategias de evaluación utilizan metodologías conductuales. Está claro que el estudio de la Ciencia Transdisciplinar, es decir, la ciencia del trabajo en equipo, debe reunir diversas perspectivas de todos los niveles de análisis, para fomentar el desarrollo de un espectro completo de innovaciones conceptuales, teóricas y metodológicas que abarquen múltiples disciplinas. Esto puede ocurrir, por ejemplo, utilizando métodos cualitativos para aprender más sobre los diferentes objetivos y motivaciones que impulsan el trabajo colaborativo transdisciplinar, como colaboraciones basadas en el intercambio de costosos equipos de laboratorio o análisis de muestras versus aquellas organizadas en torno a la integración de ideas intelectuales, y marcos de trabajo que abarquen diversos campos. Estos hallazgos se pueden utilizar para desarrollar modelos conceptuales y teóricos ricos, para probar en estudios posteriores que examinen las colaboraciones científicas en equipo. En tal sentido, muchos de los capítulos en este libro giran en torno a estupendas iniciativas de investigación transdisciplinar.

Otro tema importante que desvela a los promotores de la Ciencia Transdisciplinar se refiere a la conceptualización y medición de la capacitación de los científicos para el trabajo colaborativo. Esta faceta ha sido conceptualizada y medida de diversas maneras, por ejemplo, en términos de las orientaciones de investigación individual y grupal, los recursos organizativos y tecnológicos que mejoran la capacidad de colaboración, y la preparación científica en diferentes campos para la integración colaborativa.

En el Nuevo Orden Mundial las demandas de trabajo colaborativo transnacional en ciencias, ingeniería, educación y tecnología seguirán creciendo. Además, a medida que disminuyan los flujos de financiación, la necesidad de coordinar e integrar los esfuerzos de investigación entre universidades, agencias gubernamentales, corporaciones privadas y fundaciones será cada vez más importante. ¿Cómo pueden estos sectores unirse de manera efectiva y trabajar hacia el objetivo común de mejorar los resultados de la investigación científica? ¿Cuáles son los desafíos colaborativos específicos inherentes a las colaboraciones que abarcan múltiples sectores? La identificación e implementación de estrategias efectivas para mejorar el trabajo colaborativo global, en el dominio en expansión de la Ciencia Transdisciplinar, aún no se ha explorado a fondo. Garantizar el éxito de la ciencia en equipos transdisciplinares en el ámbito global requiere comprensión y sensibilidad hacia las diferencias culturales y su impacto en el trabajo en equipo.

Desde el Instituto Antioqueño de Investigación se propone que las investigaciones futuras consideren explícitamente múltiples niveles y dimensiones de preparación para la Ciencia Transdisciplinar, anidando ciertos niveles dentro de otros y realizando estudios de casos en profundidad para identificar qué tipos de factores de preparación (psicológicos, interpersonales, organizacionales, sociales, tecnológicos, científicos) ejercen mayor influencia en la eficacia y eficiencia de los proyectos e iniciativas científicas de trabajo en equipo. Un marco de preparación como este puede ayudar a generar intervenciones multinivel apropiadas para aumentar el éxito de la Ciencia Transdisciplinar. Por ejemplo, comprender la disposición de un equipo para participar en procesos grupales para crear puntos en común, un lenguaje común y objetivos compartidos, puede conducir al desarrollo y fomento de mejores habilidades de comunicación y cohesión del equipo.

Hasta el momento, muchas evaluaciones de las iniciativas transdisciplinares no prestan la atención adecuada al impacto relativo de estos factores de preparación en la efectividad de la Ciencia Transdisciplinar; ni han identificado el papel que estos factores de preparación podrían desempeñar en la implementación exitosa de una iniciativa, o las formas en que múltiples factores de preparación afectan conjuntamente los procesos y resultados asociados con las iniciativas científicas de los equipos transdisciplinares.

Los críticos de la Ciencia Transdisciplinar, además de preocuparse por el volumen de fondos destinados al trabajo colaborativo, alejados de la investigación unidisciplinar, sostienen que una vez que se retira la financiación específica a un grupo, centro o instituto de investigación transdisciplinar, los esfuerzos de colaboración anteriores se perderán. Esta afirmación no se ha probado directamente evaluando si los equipos transdisciplinares siguen siendo productivos y cohesivos una vez que se agotan sus fuentes originales de financiamiento. No obstante, estas críticas plantean cuestiones importantes sobre la

continuidad de las iniciativas de investigación colaborativa, una vez que han sido iniciadas y financiadas por un período determinado.

Estos críticos también se plantean una serie de interrogantes que, hasta el momento, ni ellos mismos han podido responder: ¿cómo se puede crear un nuevo modelo de financiación a la Ciencia Transdisciplinar, que pueda sostener los esfuerzos de los miembros del equipo para desarrollar modelos conceptuales integradores y enfoques metodológicos que abarquen múltiples campos y períodos prolongados de colaboración? ¿Qué sucede si no se mantiene la financiación y el apoyo el plazo necesario para el desarrollo de las iniciativas científicas de trabajo en equipo? ¿Se estancará la Ciencia Transdisciplinar? ¿Podría la falta de compromisos de financiación a largo plazo llevar a los investigadores a volver a los procesos de desarrollo científico, pequeños e incrementales, más tradicionales? ¿Se pueden lograr avances sustanciales en la integración disciplinar y la traducción a la práctica de la ciencia a través de pequeños equipos científicos transdisciplinares? ¿Es la Ciencia Transdisciplinar a pequeña escala más sostenible con respecto a los flujos de financiación, o es necesaria la Ciencia Transdisciplinar a gran escala para crear una masa crítica de investigadores y la infraestructura para su sostenibilidad? ¿Se necesitan grandes centros científicos transdisciplinares con programas e iniciativas para garantizar niveles suficientes de experiencia Transdisciplinar para impulsar colaboraciones para resolver los problemas más urgentes de este siglo?

Los métodos y medidas para evaluar la sostenibilidad de la Ciencia Transdisciplinar también son cruciales y, en el contexto de las grandes iniciativas de centros transdisciplinares en el mundo, aún no se han implementado estrategias para evaluar la evidencia de productividad sostenida en los centros que recibieron financiamiento y que no fue renovado. En el contexto de las redes de investigación financiadas se podría considerar el uso del análisis de redes, para obtener evaluaciones de referencia integrales de las redes de investigación y realizarles seguimiento más allá de sus años de financiación, evaluando el grado en que una red determinada ha retenido o ampliado su equipo original de investigadores, y en qué medida esos investigadores son representativos de diversas disciplinas. Además, las evaluaciones de la productividad de una red, con respecto al grado en que es integradora y adaptable, probablemente sean críticas para comprender sus contribuciones de valor agregado y su sostenibilidad como un esfuerzo científico de trabajo en equipo. La evaluación de la productividad de una red puede incluir, por ejemplo, evaluar su capacidad para integrar con éxito múltiples niveles y conocimientos disciplinares diversos para resolver problemas complejos, y su capacidad para avanzar hacia nuevas áreas de exploración a medida que resuelven los problemas actuales.

Además de los recursos para infraestructura y financiación, que estimulan y mantienen la Ciencia Transdisciplinar, la capacitación es fundamental para la continuación de las agendas de investigación científica en estos equipos. Sin un enfoque en la formación de la próxima generación de investigadores transdisciplinares, es probable que se reduzca la sostenibilidad a largo plazo de la Ciencia Transdisciplinar.

En el marco de la Ciencia Transdisciplinar todavía quedan por desarrollar y probar modelos que sirvan de guía para el desarrollo de planes de estudios de educación transdisciplinar. Además de capacitar a académicos, estudiantes y administrativos, es importante brindar oportunidades de capacitación transdisciplinar para investigadores y científicos, ya que son los encargados de la tutoría y tienen mayores responsabilidades de gestión dentro de las investigaciones. Se deben incorporar modelos más amplios de capacitación transdisciplinar a la infraestructura general, que abarquen las necesidades de todas las partes interesadas, incluidos investigadores, científicos, académicos, estudiantes y personal de apoyo a la investigación. Los posibles focos de estos programas ampliados de capacitación incluyen estrategias para cultivar prácticas de tutoría efectivas y estilos de liderazgo, habilidades interpersonales y gerenciales, estrategias de comunicación y experiencia tecnológica.

Un propósito importante del componente de esta capacitación es desarrollar grupos de científicos transdisciplinares emergentes. Entonces, ¿cómo se pueden identificar los procesos y resultados exitosos de la capacitación y las circunstancias relacionadas para el éxito? ¿Cuáles son los elementos de capacitación que promueven experiencias exitosas de tutoría y capacitación desde la perspectiva de los estudiantes y de los profesores? En futuras iniciativas científicas en equipo deberían incorporarse evaluaciones

retrospectivas y prospectivas de los procesos y resultados de la formación transdisciplinar en las diferentes etapas de cada iniciativa.

Al considerar la evaluación de la educación transdisciplinar se deben tener en cuenta métricas y plazos que sean útiles para capturar la calidad, la novedad y el alcance de la integración disciplinar de los resultados de aprendizaje que logra el estudiante a lo largo de cada programa. El desarrollo y la aplicación de métricas confiables y válidas para evaluar estas dimensiones y las evaluaciones cuantitativas y cualitativas del proceso de aprendizaje transdisciplinar, pueden proporcionar una comprensión más profunda del impacto de los diferentes modelos de formación y las formas en que los estudiantes acceden a la Ciencia Transdisciplinar.

Por otro lado, se han presentado varios marcos conceptuales para describir y evaluar los procesos de la Ciencia Transdisciplinar, pero uno de ellos llama la atención: *comprender los factores que facilitan o limitan la colaboración científica en equipos transdisciplinarios*. Estos modelos se han extraído de una variedad de campos, como la sociología, la ecología, la física y las matemáticas aplicadas, por ejemplo, el modelo socio-ecológico, el pensamiento sistémico, el pensamiento complejo y la teoría de la complejidad, el análisis de redes, el paradigma de determinantes sociales y el marco analítico heterárquico. Además, los esfuerzos se han centrado en un marco conceptual transdisciplinar integrado para comprender y resolver un problema en la etapa inicial del trabajo colaborativo.

Hasta el momento se han logrado importantes avances en la integración intelectual y científica dentro de iniciativas científicas de equipos transdisciplinarios centrados en desarrollos metodológicos. Con un número limitado de métricas disponibles, muchos intelectuales invitan a que se desarrollen nuevos criterios de evaluación, para evaluar, por ejemplo, los modelos de liderazgo y capacitación transdisciplinar propuestos recientemente, e identificar resultados científicos válidos a corto plazo. Además, es necesario utilizar y perfeccionar estrategias innovadoras de diseño de investigación para superar los desafíos metodológicos restantes, como la identificación de grupos de comparación apropiados en la evaluación de iniciativas transdisciplinarias. También se debe fomentar el uso creativo de los métodos existentes, como el análisis de redes, para integrar las construcciones teóricas de los modelos científicos en equipo y vincularlos con resultados relevantes.

En diversos países se están desarrollando estrategias para el análisis bibliométrico y la correlación transdisciplinar de la productividad, con el panorama general de la productividad científica de un campo. Utilizando diseños rigurosos de grupos de comparación, estos estudios bibliométricos también se pueden utilizar para identificar similitudes y diferencias en la cantidad y calidad de la productividad de la investigación, tanto en la Ciencia Transdisciplinar como en los esfuerzos de investigación tradicionales individuales. Los objetivos clave de estos estudios son calibrar las posibles contribuciones de valor agregado de la Ciencia Transdisciplinar y permitir una mejor comprensión de sí, y cómo, las orientaciones de apoyo hacia esta ciencia influyen en la productividad científica y en la eficacia de las políticas a largo plazo.

A medida que se financien más investigaciones en el área de la investigación y de la educación transdisciplinar, habrá una creciente necesidad y oportunidad de evaluar la ciencia en equipos transdisciplinarios. Además del desarrollo y prueba sistemáticos de métodos y modelos, se debe dedicar infraestructura y apoyo para permitir dichas evaluaciones, tanto internas como externas, de programas e iniciativas de investigación. Es necesario seguir desarrollando mecanismos de financiación innovadores para apoyar la evaluación de la colaboración científica en equipos transdisciplinarios. Actualmente, en algunos mecanismos de financiación para grandes iniciativas, se incluyen asignaciones presupuestales para actividades de evaluación, que requieren que los científicos evalúen sus propias iniciativas o contraten centros de coordinación independientes para ayudarles con esas evaluaciones. Flujos de financiamiento separados o más claramente dedicados a la evaluación de programas transdisciplinarios, *per se*, respaldarían aún más el diseño y la implementación de estudios integrales de evaluación a la Ciencia Transdisciplinar.

Una dirección importante para la Ciencia Transdisciplinar es examinar los factores que facilitan o impiden las asociaciones productivas entre los múltiples sectores de la sociedad, que comparten un interés en



sostener la investigación, la educación, la traducción del conocimiento y la difusión transdisciplinar, con el fin de mejorar los resultados científicos. A medida que se reducen las asignaciones de fondos estatales y privados para la investigación, a razón de las demandas sociales de inversión en otras áreas, el desarrollo de asociaciones creativas y productivas entre universidades, agencias gubernamentales, ONG, fundaciones privadas y corporaciones, destinadas a cultivar y sostener la Ciencia Transdisciplinar, cobrarán cada vez mayor relevancia. En ese sentido, se necesita mejor comprensión de las circunstancias bajo las cuales las organizaciones públicas y privadas tienen más probabilidades de asociarse de manera efectiva para lograr objetivos compartidos en ciencia, pero se debe trabajar más para utilizar y ampliar estos esfuerzos.

Al mismo tiempo, sin embargo, es necesario aprender más sobre los principales facilitadores y limitaciones de las asociaciones público-privadas eficaces destinadas a promover mejores prácticas, productos y resultados de investigación. Por ejemplo, es importante desarrollar estrategias para eliminar las barreras que surgen cuando las empresas y las entidades públicas se esfuerzan por colaborar. Ejemplos de estas barreras incluyen la preocupación de los científicos de que su trabajo sea distorsionado o contaminado por las presiones del mercado, así como los intereses de rentabilidad de las empresas que aportan fondos para la investigación y las preocupaciones corporativas de que gran parte de la investigación académica es poco práctica, inutilizable y se produce a un precio demasiado bajo, a ritmo lento e inadecuada para comercializar los productos.

La Ciencia Transdisciplinar se enfrenta a muchos desafíos aún por resolver: ¿cómo evaluar mejor sus contribuciones de valor agregado? ¿Cuándo se justifica la Ciencia Transdisciplinar y cuándo no, y cuál es la mejor manera de decidirlo? ¿Cómo se puede llevar a cabo la Ciencia Transdisciplinar de manera *más inteligente*? En última instancia, estas preguntas conducen a otras sobre la estructura fundamental y la cultura en la que se lleva a cabo la ciencia en el Nuevo Orden Mundial, y a demandas de soluciones impulsadas por la creatividad. Los mecanismos actuales de financiación deben evaluarse de manera más creativa, junto con sus fortalezas y debilidades, con una comprensión de las circunstancias que indican cuándo funcionan y cuándo no; desarrollar nuevos mecanismos para satisfacer las necesidades actuales; crear infraestructuras más flexibles y una amplia gama de mecanismos de financiación institucionalizados, que pueden utilizarse para fomentar el desarrollo de marcos y metodologías transdisciplinares innovadoras para el desarrollo, la difusión y la práctica de la investigación.

Este campo necesita superar las barreras de larga data entre la comunidad de investigación científica y las corporaciones privadas orientadas a la comercialización y capacitar a las partes interesadas: científicos, financiadores, formuladores de políticas, estudiantes y sociedad, para identificar problemas urgentes y diseñar agendas y prioridades de investigación para encontrar el mejor beneficio final para la humanidad. También se necesita una cultura que promueva el aprecio y el reconocimiento y que recompense el esfuerzo y las contribuciones de los equipos transdisciplinares, fomentando un sistema de valores que promueva acuerdos de investigación equitativos y modelos colectivos de liderazgo/autoría. Además, mediante la creación de nuevos medios de socialización y divulgación científica y nuevos criterios de permanencia y promoción, la comunidad científica puede contribuir a la apreciación del esfuerzo y las contribuciones de los equipos. También deberán incorporarse las organizaciones de acreditación de educación superior, editores de revistas, comités editoriales y científicos, agencias de financiación, científicos, administrativos y gobiernos para promover y sostener asociaciones colaborativas innovadoras entre científicos, profesionales comunitarios y formuladores de políticas.

A medida que se asigna una cantidad cada vez mayor de fondos para la Ciencia Transdisciplinar, especialmente en tiempos de presupuestos limitados, los críticos argumentan que las iniciativas transdisciplinares le quitan recursos valiosos al trabajo más productivo de la investigación disciplinar. Se justifican estudios sistemáticos y rigurosos de los impactos científicos y sociales de los diferentes mecanismos de financiación para los próximos pasos del desarrollo científico colaborativo. La Ciencia Transdisciplinar puede avanzar mediante evaluaciones sistemáticas y una sólida agenda de investigación, pero, lo que es más importante, se necesita un enfoque creativo para cultivar una cultura más amplia de investigación científica integrada y heterárquica. Los límites deben superarse, no solo mediante el desarrollo de nuevos modelos, métodos y medidas científicos, sino también mediante el inicio de

innovaciones organizativas que creen cambios fundamentales en la forma en que los científicos hacen negocios: cambios que abarquen múltiples disciplinas, sectores y culturas; revolucionar los mecanismos de financiación, las corrientes de financiación y las publicaciones; y permitir flexibilidad y fluidez para eliminar las limitaciones de las rígidas estructuras jerárquicas, para liberar, en un mar de creatividad, el talento atado por las torres de la tradición. Mediante esfuerzos simultáneos y coordinados, que eliminen las barreras de colaboración y creen nuevos vínculos entre múltiples sectores de la sociedad y las diferentes esferas de la investigación, se puede lograr una nueva era de creatividad e innovación en la Ciencia Transdisciplinar. De esta manera, en la Nueva Era de creatividad e innovación en la investigación transdisciplinar, los paradigmas e infraestructuras de investigación científica actuales se transformarán, de manera que les permitirán a los científicos del mundo aprovechar los recursos globales para resolver los problemas complejos más apremiantes del siglo XXI.

#### **Como citar los capítulos de este libro**

*Autor del capítulo.* (2023). *Título del capítulo.* En Serna E. (ed.), *Ciencia Transdisciplinar para la Nueva Era* (pp. del capítulo xx-xx). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

# Área de Ciencias

*Ciencia transdisciplinar para el desarrollo y la supervivencia de la  
humanidad*

# Potencialidad de fuentes alternativas agrícolas para la producción energética en el sector cafetero El Pital, Huila Colombia

José Luis Castillo Falla<sup>1</sup>

Oscar Andrés Goyeneche Polanía<sup>2</sup>

Luis Alexander Carvajal Pinilla<sup>3</sup>

*Corporación Universitaria del Huila, Colombia*

El aprovechamiento de las energías renovables requiere de infraestructura necesaria para fines energéticos. Colombia adelanta proyectos para diversificar la matriz energética para lograr los objetivos de desarrollo sostenible. Las prácticas agrícolas carecen de acciones por el cuidado del medio ambiente, generan problemas como acumulación de residuos orgánicos y uso de madera para estufas. En este trabajo se evaluó la potencialidad de fuentes alternativas para producción de energía en el municipio El Pital, Huila Colombia. En 20 unidades productivas del sector rural se caracterizaron en términos energéticos los residuos, servicios de energía o gas y se cuantificó el potencial de residuos aprovechables. El cultivo de café presenta mayor cobertura, predominando las variedades Castillo, Caturra o Colombia, y la fructificación presenta comportamiento bimodal. De la comunidad encuestada: el 35% reutiliza los residuos de su cultivo; el servicio de energía eléctrica tiene una cobertura del 70%, lo que afecta los ingresos económicos por la calidad del producto agrícola; y el 30% cuenta con servicio de gas, el restante suplente la necesidad con el consumo de leña. La forma alternativa para producir energía desde los residuos del café son el mucilago o la cereza, aproximadamente 60% por grano de café, presentando un alto potencial para generar biogás con la tecnología de un biodigestor anaeróbico. Para las 20 fincas se puede contar con 131220 Kg durante la cosecha. La puesta en marcha de este tipo de proyectos, donde se aproveche la biomasa residual, contribuye a la transición energética que está teniendo el país y aporta al logro de los objetivos de desarrollo sostenible.

---

<sup>1</sup> Ingeniero en Energías Renovables. Contacto: [josecastillo\\_20182@corhuila.edu.co](mailto:josecastillo_20182@corhuila.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero de Petróleos, Especialista en Gestión Industrial y Negocios, y Magíster en Bioenergía. Contacto: [oscar.goyeneche@corhuila.edu.co](mailto:oscar.goyeneche@corhuila.edu.co)

<sup>3</sup> Biólogo, Magíster en Biología. Contacto: [luis.carvajal@corhuila.edu.co](mailto:luis.carvajal@corhuila.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las energías renovables provienen de recursos naturales del planeta Tierra como el aire, sol, agua y materia orgánica, entre otros, cada uno de estos recursos se pueden aprovechar mediante sistemas de transformación adecuados que permita convertir la energía o mejorar procesos energéticos que contribuyan al desarrollo de sociedades humanas [1].

Colombia tiene dentro de sus políticas la ampliación y diversificación de la matriz energética, para ello, debe desarrollar proyectos donde se implementen tecnologías que involucren las energías renovables o aporten al cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible [2]. De acuerdo con la disposición de uso del suelo en el País, en el tercer Censo Nacional Agropecuario CNA, para el sector agropecuario correspondían un total de 43 millones de hectáreas y de éstas el 19,7% estaban destinadas para uso agrícola, por lo que existe un alto potencial de uso de una fuente alternativa de energía [3].

De forma complementaria, en la más reciente Encuesta Nacional Agropecuaria ENA se registró una producción total aproximada de 63 millones de toneladas, de éstas 6 millones correspondieron al grupo de frutales, 3 millones al grupo de hortalizas, verduras o legumbres [4]. Lo anterior, señala que existe gran potencial de residuos desde diversas fuentes que podrían ser objeto de estudio para su aprovechamiento.

Lo anterior, contribuye de forma importante al logro del objetivo de desarrollo sostenible No. 7 *Energía asequible y no contaminante*. Por otro lado, en consonancia con las economías emergentes e industrializadas, se encuentra que la recuperación ambiental debe estar inmersa en las políticas de desarrollo rural a fin de adoptar recursos energéticos amigables con el medio ambiente [5], esto permite contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible No. 11 *Ciudades y comunidades sostenibles* o No. 15 *Vida de ecosistemas terrestres*.

A nivel comunitario, conocer las diferentes formas de aprovechamiento de los recursos naturales o segundo uso de los residuos con característica de aprovechable pos-consumo, trae una serie de beneficios que pueden ser de índole socio-ambiental, económico y cultural [6]. En el primer caso, se mejoran las afectaciones que se realizan a la comunidad circunvecina limítrofe de cada finca y al medio ambiente, dado que se reducirían los efectos negativos que se presentan como contaminación hídrica, edáfica, visual o atmosférica, esto llevaría a mejorar las relaciones sociales y tener un mejoramiento en las relaciones interpersonales [7].

En cuanto a los aspectos de índole económico, el implementar métodos que permitan tener un segundo uso a residuos agrícolas apoyará la reducción de costos en aplicaciones como fertilizantes o abonos orgánicos para mejorar los nutrientes en los cultivos; así mismo, al mejorar el suelo se aumenta la relación de flujo de nutrientes hacia las plantas, lo cual se traduce en poder obtener un fruto de mayor calidad [8]. En cuanto al tercer aspecto, adicionar conductas y buenas prácticas de manejo de producción agrícola, se esperaría un reconocimiento local o regional que posicionaría la caficultura como un estilo de vida promisorio [6].

Este proyecto aborda la siguiente situación, la mala disposición de los residuos orgánicos del café o el uso de estufas de leña por la falta de disponibilidad o asequibilidad del servicio de gas natural, dos problemáticas frecuentes en las zonas rurales del territorio nacional; lo anterior conlleva a la afectación del medio ambiente, en particular, el depósito de residuos de cultivo sobre el suelo o la tala de árboles de ecosistemas aledaños a las viviendas rurales [9, 10].

La población abordada en este estudio correspondió a la comunidad agricultora o productora de café con cultivos frutales del Centro poblado El Socorro, incluyendo la vereda San Isidro del municipio El Pital, departamento del Huila. En las dos áreas rurales mencionadas, existe un conglomerado de viviendas donde se encuentra la Institución de educación de básica o media, un Polideportivo junto con tres centros de acopio de comercio, acompañando de casas aisladas concéntricas al conglomerado. Cada vivienda está conformada en promedio por uno o dos núcleos familiares, hasta tres generaciones, que se dedican activamente al cultivo de café, en épocas de cosecha se incrementa el número de habitantes por vivienda dado por la demanda de frutos o granos maduros de las plantas de cafeto, lo que está provocando un aumento de residuos domiciliarios.

Finalmente, acorde a las condiciones de productividad agrícola en la zona de estudio existe un potencial energético que puede ser puesto a disposición mediante procesos de transformación con un amplio uso que beneficiaría a la comunidad rural circundante o el medio ambiente, por lo anterior, el objetivo del presente proyecto fue determinar las fuentes alternativas para producción de energía en la zona rural del municipio ElPital.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Área de estudio

El proyecto se desarrolló en zona rural del Centro Poblado El Socorro, incluida la Vereda San Isidro, pertenecientes al municipio ElPital, ubicado en la zona central del departamento del Huila, presenta las siguientes coordenadas Latitud 2.26741 y Longitud -75.80580 (Figura 1).

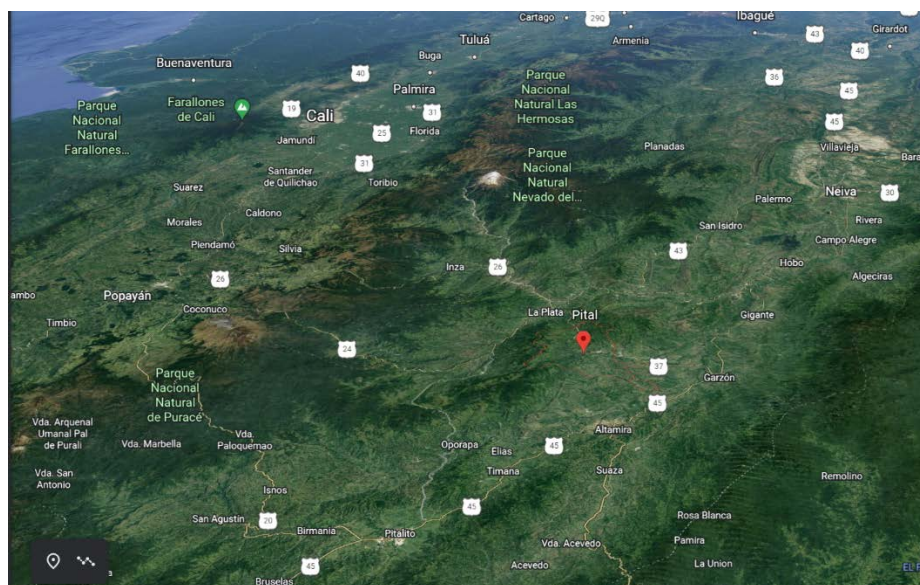


Figura 1. Municipio ElPital, departamento del Huila

### 2.2 Caracterización del sector rural en términos energéticos

Mediante visitas al área de estudio se identificaron los tipos de cultivos presentes que son considerados como sustento de la vida diaria de los agricultores o sus respectivas familias. Se definió una muestra de 20 unidades productivas o fincas, mediante encuestas se realizó una caracterización general, que incluyeron los residuos, calidad o servicio de los servicios públicos de energía eléctrica o gas.

### 2.3 Caracterización de formas alternativas de energía

En las unidades productivas seleccionadas se realizó una cuantificación del potencial del residuo que éstas generan para el cultivo agrícola de mayor cobertura que puede convertirse en energía para su uso, teniendo en cuenta la forma más viable para su aprovechamiento, empleando como variable indicadora su disponibilidad en el transcurso del año que va acorde a la fenología de los cultivos de la zona, la carga orgánica potencial para ser utilizada o los costos para la realización de la alternativa energética.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Caracterización del sector rural en términos energéticos

La mayor productividad de la zona de estudio está dada para el cultivo de café con algunos frutales que se encuentran en medio de los cafetales, entre los que predominan plátano o naranja. Entre las variedades de café, las de mayor cobertura vegetal que se siembran en el Centro poblado El Socorro o la vereda San Isidro son Castillo, Caturra o Colombia.

En la zona de estudio se tomó una muestra representativa acorde a la disposición de los propietarios de participar en el estudio, las fincas intervinientes tienen pequeña extensión de tierra con un rango común entre 1 a 3 hectáreas, en total se caracterizaron 20 unidades productivas cafeteras con un total de 54 hectáreas o aproximadamente 222000 plantas de café sembrados.

Existen dos momentos importantes fenológicos para la colecta de café, lo que permite definir un comportamiento bimodal, uno de mayor abundancia denominado  *cosecha*  con una duración media de 3 meses, otro de menor abundancia que lo definen como  *mitaca*  con un mes de duración aproximadamente; sin embargo, entre los dos períodos mencionados, es posible la colecta de granos de café maduros con periodicidad quincenal, la comunidad lo denomina popularmente como  *pepeo* .

### 3.2 Caracterización de residuos

Dado que el principal cultivo agrícola de la zona de estudio es el café, los residuos son los generados en las diferentes fases de su proceso, desde la siembra, pasando por la cosecha hasta la venta o salida del producto de cada unidad productiva.

Entre las diversas etapas del procesamiento del grano del café, una de ellas, el beneficio, se ha considerado como una de las de mayor potencial residual, debido a que ocurre el despulpado del grano colectado para obtener finalmente el fruto (Figura 2); posteriormente, al pasar por la fase de lavado, se originan las aguas mieles (Figura 3).



**Figura 2.** Producto del despulpado del café, cascara del fruto como residuo



**Figura 3.** Generación de aguas mieles posterior al proceso de lavado

Es importante destacar que la práctica común de las comunidades cafeteras es el depósito de los dos residuos mencionados muy cerca al sitio de origen (Figura 4).



**Figura 4.** Vertimiento y acumulación de materia orgánica del café

Según la comunidad encuestada, el 35% emplea o reutiliza algún tipo de residuo que genera la finca o la vivienda, lo que lleva a tener un recurso de materia prima importante, el porcentaje restante lo emplean

como abono de forma directa. También es importante resaltar que el 55% de la población abordada, sabe que si se hace un proceso de transformación a los residuos pueden obtener otros subproductos. Así mismo, el 75% de la comunidad estaría dispuesta a hacer un cambio de sus prácticas de manejo de residuos para tener un beneficio ambiental o económico

### 3.3 Servicio de energía eléctrica

Los resultados obtenidos de la primera encuesta aplicada a la comunidad de la zona de estudio muestran la percepción sobre el precio de la factura del servicio de la energía eléctrica, en que manifiestan que existe un cobro alto por el Kilovatio-hora mensual (kWh/mes), por otro lado, tan solo el 15% señala que el valor es bajo (Figura 5).

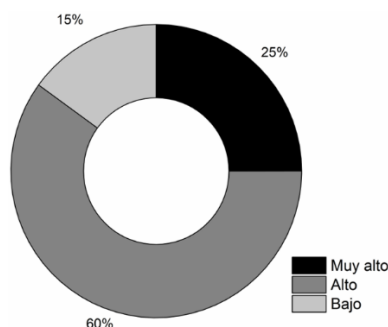


Figura 5. Percepción del valor cobrado en la factura eléctrica

Estos resultados coinciden con la realidad de interconexión con el sistema nacional de energía, se resalta que hay zonas no interconectadas a la red eléctrica debido a las largas distancias (alrededor del 70% de las viviendas) o la red eléctrica es fluctuante por las pérdidas de distancia, esto lleva a una afectación en la calidad de vida del campesinado, de igual manera a sus productos agrícolas. La necesidad de energía para alguna fase del ciclo productivo es evidente, afectando directamente la productividad, por tanto, una ineficiencia del proceso, manifestada en elevados costos.

En Colombia, el Sistema Interconectado Nacional SIN inició su desarrollo en el año de 1967 con la creación de Interconexión Eléctrica S.A. ISA, empresa estatal encargada del desarrollo del Sistema de Trasmisión Nacional STN. La infraestructura implementada por ISA permitió el desarrollo del mercado de energía eléctrica, garantizando el libre acceso o la comercialización de la energía. El SIN abarca aproximadamente un 34% del territorio nacional; en éste, habita el 96% de la población del país con una cobertura del 95,54%, a nivel urbano la cobertura alcanza el 99,35%, mientras que a nivel rural el 83,39% [11].

Con una gran parte de la producción hidroeléctrica, los picos en el precio de la electricidad pueden producir efectos indirectos que afecten a los mercados financieros, además, la generación de energía hidroeléctrica expone a los generadores a fenómenos climáticos; uno de ellos, que se desarrolla en el Océano Pacífico ecuatorial es El Niño Oscilación del Sur ENOS, uno de los eventos que lo conforman se denomina fenómeno El Niño, el cual afecta el clima en diferentes regiones, incluyendo el norte de Sudamérica, incluido el territorio colombiano [12].

De forma paralela, las fluctuaciones de los precios de la electricidad pueden generar variación en los precios de los activos, lo que genera deudas adicionales y pérdidas crediticias que provocan inestabilidad financiera [12]. Lo anterior, causado por el precio marginal alto de la energía, las tarifas basadas en el costo promedio de producción y los costos fijos de suministro de electricidad incluidos en el precio unitario, entre otros; frente a esta situación, prevalece el componente privado de la mayoría de los consumidores con preferencias en uso de aparatos y equipos que utilicen combustibles fósiles, lo que en últimas retrasaría la transición a la energía renovable.

Por otra parte, algunos consumidores se alientan a realizar inversiones para reducir sus compras de electricidad dados los altos costos y con un compromiso social y ambiental, lo que respaldaría la transición energética [13].



En la Figura 6 son presentados los datos de percepción en relación a la calidad del servicio según lo manifestado por la comunidad encuestada, donde señalan que la función de operadora o comercializadora de la red presta un servicio regular (55%), por otra parte, el 30% la califican como deficiente debido a la intermitencia del fluido eléctrico.

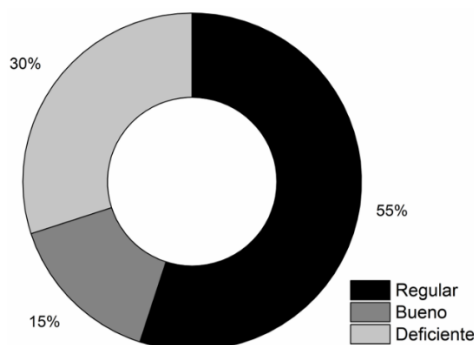


Figura 6. Calidad del servicio del servicio de energía

### 3.4 Servicio de gas

Con respecto al servicio de gas, existe una muy baja cobertura, aproximadamente el 30% de la comunidad cuenta con este servicio, el 70% restante suplente su servicio con leña (80%) o con pimpina de gas (20%). Bajo este escenario, para la comunidad con servicio de gas, el 10% refiere que es muy bajo el precio de la factura y en categoría alto el 75% (Figura 7), dado que el servicio es muy costoso, la comunidad plantea que la mejor solución en términos económicos es el uso del horno de leña.

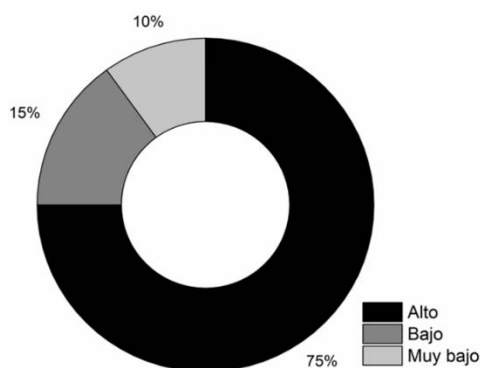


Figura 7. Precios de la factura del servicio de gas

Las tarifas de cobro del consumo de gas natural se deben aplicar cumpliendo con las disposiciones vigentes sobre el régimen tarifario e iguales a las contenidas en la oferta presentada al Ministerio de Minas y Energía MME, se debe mantener indemne dicho Ministerio ante cualquier reclamación y asegurar los bienes afectos a la prestación del servicio y el control del cumplimiento del contrato de concesión se realizará a través de las autoridades competentes, como el MME, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD o la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG.

Según lo que manifestó la comunidad en la recolección de información, el precio de la energía es muy alto debido a que el acceso a un gasoducto es deficiente ya que son zonas no interconectadas y esto lleva a que no se preste el servicio, por consiguiente, se tenga que invertir en pimpinas de gas llevando al caficultor a un gasto económico bastante amplio [14]. Un mayor abastecimiento de gas en industrias, transporte y hogares que tendría por objetivo que el gas natural entre en reemplazo de combustibles fósiles nocivos para la salud también permitirá mejorar las coberturas rurales y amplía el servicio a poblaciones vulnerables.

En cuanto a la calidad de servicio de gas, el 60% de las personas señalan que es deficiente (Figura 8); debido a ser zonas no interconectadas, la empresa prestadora del servicio incurriría en altos costos para garantizar gas por sus redes de gasoducto; lo anterior, genera que el caficultor deba comprar la pimpina de gas o utilizar el horno de leña, siendo esta última la más rentable o empleada con el 80% de la comunidad encuestada.

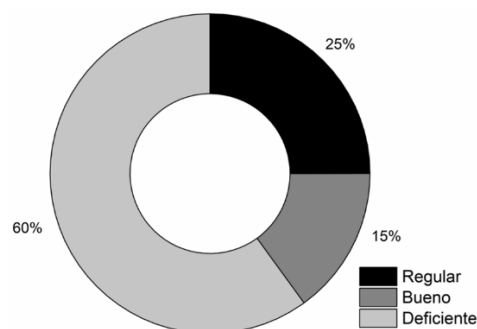


Figura 8. Calidad del servicio de gas

### 3.5 Caracterización de formas alternativas de energía

Existe potencial energético en el municipio El Pital de diversas fuentes, por una parte, la radiación solar normal directa es de 1397,5 KWh/m<sup>2</sup> en la zona urbana o de 943,2 KWh/m<sup>2</sup> al día en ciertas zonas rurales como el área de estudio del presente proyecto, lo cual permitiría implementar la tecnología de luminarias solares para lugares estratégicos en la comunidad rural [15].

Por otra parte, según las encuestas aplicadas en la zona de estudio, previa sensibilización y socialización de la finalidad del presente estudio, se obtuvo una alta receptividad y disposición de actuar frente a la situación ambiental y económica actual por parte de la comunidad (Figura 9), ésta apoyaría con la mano de obra para la implementación de algún proyecto que emplee el uso de energías alternativas, dado el fácil acceso a las materias primas de construcción por sus bajos costos o por el impacto ambiental que se generaría hacia la comunidad, esto puede contribuir a potenciar en la zona rural del municipio El Pital uno de los productos agrícolas de mayor importancia en el país como es el café.



Figura 9. Socialización y sensibilización a la comunidad del área de estudio

Una de las tecnologías con alto potencial de implementación es un biodigestor tubular empleando como insumo los residuos orgánicos del cultivo del café, particularmente, el mucilago o la cereza para la generación de biogás o fertilizante para los cultivos existentes en las fincas, entre las bondades se encuentran, la constante disponibilidad, contribución a proyectos renovables, fácil acceso a los materiales de construcción, finalmente, contribución al logro de objetivos de desarrollo sostenible [16].

Dada la oportunidad de poder implementar la tecnología de un biodigestor tubular utilizando los residuos de café para suplir los hornos de leña hechos por los caficultores para la cocción de sus alimentos o el ahorro del gasto económico de una pimpina de gas, de igual manera se potencializa el uso de la tecnología de luminarias solares en puntos estratégicos utilizando la energía solar debido a la radiación directa (1397,5 KWh/m<sup>2</sup> en la zona urbana y de 943,2 KWh/m<sup>2</sup> al día) del centro poblado El Socorro incluida la vereda San Isidro [15, 16].

La implementación de tecnologías que llevan el componente de energías renovables, lleva a que existan beneficios emergentes como contribuir a la mitigación del daño ambiental que producen los residuos agrícolas a los recursos naturales, de forma complementaria, se reduce el consumo de leña empleada en los hornos de cocina, lo que permitiría mejorar la estabilidad ecosistémica de bosques [9]. Simultáneamente, se reducen los riesgos y problemas de la salud humana, en especial de mujeres o niños dada la morbilidad de

enfermedades respiratorias, como infecciones agudas, bronquitis, asma, cáncer de pulmón o infecciones de oído [17].

En la Tabla 1 son presentados los datos de producción de las 20 unidades productivas cafeteras; con relación al tamaño, oscilan desde 1,5 Ha hasta 5 Ha, predominan las fincas con 3 Ha con un promedio por hectárea de 4000 plantas de café. El principal residuo generado por la producción del café es la cereza del grano, actualmente este residuo está siendo depositado en zonas aledañas al beneficiadero del café sin un uso productivo o, en menor proporción, es arrojado directamente en los mismos cultivos de café sin ningún pretratamiento.

**Tabla 1.** Producción cafetera unidades productivas en la zona de estudio, municipio El Pital, Huila

Unidad productiva	Producción de café (Kg)			Producción cereza de café (Kg)		
	Cosecha	Mitaca	No cosecha	Cosecha	Mitaca	No cosecha
1	5000	2500	500	3000	1500	300
2	3000	300	300	1800	180	180
3	1500	400	400	900	240	240
4	20000	5000	600	12000	3000	360
5	20000	8000	2000	12000	4800	1200
6	35000	15000	6500	21000	9000	3900
7	20000	6000	3400	12000	3600	2040
8	25000	7000	4000	15000	4200	2400
9	18000	3000	9000	10800	1800	5400
10	7000	3500	600	4200	2100	360
11	8000	4500	750	4800	2700	450
12	2000	1700	450	1200	1020	270
13	5000	2800	600	3000	1680	360
14	4000	3000	480	2400	1800	288
15	1200	300	350	720	180	210
16	15000	3500	5000	9000	2100	3000
17	12000	2000	3000	7200	1200	1800
18	9000	1500	1800	5400	900	1080
19	6000	800	1200	3600	480	720
20	2000	400	400	1200	240	240
Total	218700	71200	41330	131220	42720	24798

En cuanto a la disponibilidad del residuo, se tienen tres momentos específicos en el año, el primero que es de mayor producción denominado *cosecha*, según las unidades productivas participantes en el estudio, durante esta etapa se colectan aproximadamente 218700 Kg de café, el segundo momento *mitaca* se pueden recolectar unos 71200 Kg y el tercer momento *pepeo* con unos 41330 Kg.

Según la Tabla 1, la producción de café en el tiempo de *No cosecha* oscila en un 33% de la producción total anual, esto lleva a que se pueda implementar la tecnología de un biodigestor tubular por la carga constante que se tiene entre los 6 u 8 meses que dura este tiempo, donde los 41330 Kg se puede obtener 25831Kg de residuo orgánico, distribuyéndose en promedio por igual 1291 Kg de residuos de café por caficultor en el centro poblado El Socorro o la vereda San Isidro por un año [16].

La producción de café en la zona de estudio sugiere que los cultivos se encuentran en tierras fértiles o que tienen un adecuado manejo de los nutrientes dada la calidad del café que se produce o comercializa hasta nivel internacional [18]. Dada esta dinámica, la mayoría de caficultores tienen buena producción de café anualmente, lo que aseguraría una fuente potencial constante para la obtención de energía [19].

De forma complementaria, la comunidad refiere que el porcentaje de residuo aprovechable por cada grano de café es de aproximadamente el 60%, así, en *cosecha* 131220 Kg, en *mitaca* 42720 Kg, en *pepeo* 24798 Kg, considerándose este como el potencial recurso a ser aprovechado para diversos subproductos o diferentes fines, entre estos, generar biogás mediante un biodigestor tubular y aprovecharlo mediante la combustión del metano en un generador para transformar a energía eléctrica [16, 20, 21].

La combustión del biogás se considera carbono neutral dado que la liberación de CO<sub>2</sub> se da por mineralización natural, lo que hace referencia al retiro de la atmósfera por la absorción de las plantas o

posterior consumo por la fauna, lo que complementa así el ciclo del Carbono [22]. Sin embargo, en la agricultura, la aplicación de la fracción sólida del digestato puede reemplazar los fertilizantes sintéticos o reducir el impacto ambiental por emisión de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en su producción [16, 23].

El uso de la digestión anaerobia como solución al manejo de la biomasa residual aportaría al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, además, se obtienen diversos beneficios como la satisfacción de necesidades básicas en iluminación, calor o electricidad, mejoramiento en la productividad de las fincas, reducción del impacto ambiental por emisiones de gases o se avanzaría en reducir la dependencia a los combustibles fósiles o agroquímicos [1, 19, 21, 24].

No obstante, los beneficios ambientales dependen de las etapas en la cadena productiva del biogás junto con el digestato a fin de ocasionar la menor cantidad de efectos adversos en el ambiente [25]. La obtención del sustrato puede generar una huella de Carbono debido al transporte, por lo que es recomendable analizar las fuentes de sustratos locales o establecer los mecanismos adecuados para su recolección. Adicionalmente, en la producción u operación de los biodigestores se encuentran otros tipos de consumos de energía, materiales o recursos asociados a los pretratamientos del sustrato, del biogás y del digestato [16, 20, 22].

Por otra parte, otro tipo de beneficio es el social para los habitantes rurales, puesto que se reduce el tiempo de recolección de biomasa sólida o de la cocción de alimentos, dicho tiempo ganado puede ser invertido en esparcimiento con sus hijos, aprendizaje o desarrollo de procesos productivos, pueden invertir su tiempo en actividades comunitarias, lo que implica empoderamiento femenino en la sociedad [9].

#### 4. CONCLUSIONES

El proyecto contribuyó a la generación de conocimiento para los caficultores en alternativas a la reutilización de los residuos orgánicos del café en las etapas de lavado o despulpe para la obtención del producto final, de igual manera, la sensibilización en el uso de estos residuos que implementando la tecnología de un biodigestor se podría generar biogás.

Ampliación en aspectos favorables para la comunidad cafetera del área de estudio que el uso de energías alternativas mejoraría aspectos como, la calidad del producto generado por el caficultor, sus ingresos económicos o mejoramiento del entorno ambiental.

La puesta en marcha de este tipo de proyectos donde se aproveche la biomasa residual de la agricultura de la región contribuiría a la transición energética que está teniendo el país, aporta al logro de objetivos de desarrollo sostenible como *Energía asequible y no contaminante*, *Ciudades y comunidades sostenibles*, finalmente, *Vida de ecosistemas terrestres*.

## REFERENCIAS

- [1] Wang C. et al. (2022). Renewable energy output, energy efficiency and cleaner energy: Evidence from non-parametric approach for emerging seven economies. *Renewable Energy* 198, 91-99.
- [2] Escobar L. (2020). Plan Energético Nacional 2020 - 2050. UPME - Minenergía.
- [3] DANE. (2016). Uso, cobertura y tenencia del suelo. 3er Censo Nacional Agropecuario. Minagricultura.
- [4] DANE. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria. Minagricultura.
- [5] Sharma N. et al. (2016). Bioenergy from agroforestry can lead to improve food security, climate change, soil quality, and rural development. *Food and Energy Security* 5(3), 165-183.
- [6] Nguyen M. (2020). Local knowledge about ecosystem services provided by trees in coffee agroforestry practices in Northwest Vietnam. *Land* 9(12), 486-906.
- [7] Mukhlis I. et al. (2022). Understanding socio-economic and environmental impacts of agroforestry on rural communities. *Forests* 13(4), 556-563.
- [8] Omoyemeh J. et al. (2023). Integrating short rotation woody crops into conventional agricultural practices in the Southeastern United States: A Review. *Land* 12(1), 10-18.
- [9] Katuwal H. y Bohara A. (2009). Biogas: A promising renewable technology and its impact on rural households in Nepal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(9), 2668-2674.
- [10] Jenifer A. et al. (2021). Treatment of coffee cherry pulping wastewater by using lectin protein isolated from *Ricinus communis* L. seed. *Journal of Water Process Engineering* 56, 101742.
- [11] BID. (2017). Consultoría para apoyo en Asociaciones Público Privadas -APP- para Zonas No Interconectadas en Colombia. Departamento Nacional de Planeación.
- [12] Villa C. et al. (2023). Does climate impact the relationship between the energy price and the stock market? The Colombian case. *Applied Energy* 336, 120800.
- [13] Mc Rae S. y Wolak F. (2021). Retail pricing in Colombia to support the efficient deployment of distributed generation and electric stoves. *Journal of Environmental Economics and Management* 110, 102541.
- [14] Yepes C. (2017). Aportes teórico-conceptuales acerca del cambio organizacional de la industria cafetera colombiana. *Suma de negocios* 8(17), 19-30.
- [15] Keerthana M. et al. (2022). A study of a solar PV and wind-based residential DC NanoGrid with dual energy storage system under islanded/ interconnected/grid-tied modes. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 143, 108473.
- [16] Kalaiselvan N. et al. (2022). A waste to energy technology for Enrichment of biomethane generation: A review on operating parameters, types of biodigesters, solar assisted heating systems, socio economic benefits and challenges. *Chemosphere* 293, 133486.
- [17] Bruce N. et al. (2000). Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bull World Health Organ* 78(9), 1078-1092.
- [18] Kadigi R. et al. (2022). Revisiting the Solow-Swan model of income convergence in the context of coffee producing and re-exporting countries in the world. *Sustainable Future* 4, 1-17.
- [19] Mahmoud E. et al. (2022). Valorization of spent coffee grounds for biogas production: A circular bioeconomy approach for a biorefinery. *Fuel* 328, 125296.
- [20] Corro G. et al. (2013). Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions. *Energy Conversion and Management* 74, 471-481.
- [21] Hunce S. et al. (2019). Energy production potential of phytoremediation plant biomass: *Helianthus annuus* and *Silybum marianum*. *Industrial Crops and Products* 135, 206-216.
- [22] Ward A. et al. (2008). Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology* 99(17), 7928-7940.
- [23] Muscolo A. et al. (2017). Anaerobic co-digestion of recalcitrant agricultural wastes: Characterizing of biochemical parameters of digestate and its impacts on soil ecosystem. *Science of The Total Environment* 586, 746-752.
- [24] Martí J. et al. (2014). Low cost tubular digesters as appropriate technology for widespread application: Results and lessons learned from Bolivia. *Renewable Energy* 71, 156-165.
- [25] Ruile S. et al. (2015). Degradation efficiency of agricultural biogas plants - A full-scale study. *Bioresource Technology* 178, 341-349.

# Incidencia de la insolvencia empresarial en el sector hotelero: Un análisis descriptivo

Luz Helena Mendoza Castro<sup>1</sup>

Jorge Armando Carreño Bernal<sup>2</sup>

Javier Mauricio Mendoza Paredes<sup>3</sup>

*Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia*

Las empresas del sector hotelero de la ciudad de Bucaramanga, Colombia, se destacan por contribuir al desarrollo turístico y la generación de empleo, pero, no ajeno a esto, la insolvencia empresarial ocasiona en todos los sectores económicos que las organizaciones carezcan de recursos o capacidad para cumplir con las obligaciones financieras y pagar sus deudas. Se realizó un estudio a este sector con una muestra de 61 hoteles legalmente constituidos, con el fin de concretar un acercamiento a su grado de conocimiento sobre la insolvencia empresarial y de ocurrencia presentado. La investigación fue descriptiva con enfoque mixto; se aplicó una entrevista para identificar el impacto de la insolvencia y una encuesta para medir los factores que afectan financieramente el nivel de endeudamiento. Dentro de los resultados se destaca la existencia de estrategias jurídicas que buscan la reactivación para empresas en estado de insolvencia, evitando la liquidación total de la misma. Los instrumentos aplicados determinaron que la mayoría de los empresarios tienen conocimientos sobre los procesos de insolvencia, y el 31% de los hoteles de la ciudad se han acogido a la ley como salvavidas en tiempos de crisis. En conclusión, en los últimos años el sector hotelero se ha visto afectado y se incrementó con la crisis del Covid-19, lo que ha ocasionado disminución en la demanda de servicios turísticos y generado una crisis económica. En búsqueda de soluciones, y entre otras alternativas, los empresarios se acogen a la ley de insolvencia, con la que reestructuran sus deudas y se apoyan en financiamiento para mejorar su gestión.

---

<sup>1</sup> Contadora Pública y Magíster en Finanzas. Contacto: [lmendoza@correo.uts.edu.co](mailto:lmendoza@correo.uts.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial y Magíster en Dirección y Administración de Empresas. Contacto: [jarmandocarreno@correo.uts.edu.co](mailto:jarmandocarreno@correo.uts.edu.co)

<sup>3</sup> Administrador de Empresas y Magíster en Administración. Contacto: [jmendoza@correo.uts.edu.co](mailto:jmendoza@correo.uts.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Mediante la ley 1116 de 2006 se regula en Colombia la insolvencia empresarial, siendo este un período especial dentro del sistema de bancarrota de las empresas que atraviesan problemas financieros y que quieren mantenerse en el mercado [1]. A su vez, esta ley busca la conservación de la empresa como una unidad de explotación económica y como una fuente de empleo, lo que conlleva a que la recuperación de la empresa se logre por medio de una reorganización [2]. Otra manera de subsanar el caso sin llegar a la quiebra es reestructurar la deuda renegociando pagos e intereses o vender activos para obtener liquidez y enfrentar los pagos pendientes.

En el sector hotelero de Bucaramanga la crisis generada por el Covid-19 llevó a que algunas empresas entraran en insolvencia por factores como las restricciones de viajes y el cierre de fronteras, por ende, el alojamiento y el turismo de la ciudad disminuyeron y el sector quedó afectado, en algunos casos se dio el cierre parcial o permanente de operaciones y en otros se redujo la capacidad operativa y se recortaron costos. En respuesta a esto, el estado colombiano promovió programas de ayuda financiera además del turismo y creó exenciones fiscales.

No obstante, antes de la pandemia también se afrontaba crisis financiera con probabilidades de quiebra en empresas hoteleras por causas como la falta de financiamiento, la competencia que les impide mantenerse en el mercado, la mala gestión por parte de los directivos y la volatilidad de los servicios turísticos; es de resaltar que la economía del sector hotelero proporciona sustento a las familias y aporta a otras economías, como el transporte y la gastronomía, y es fuente de conocimiento de diversas culturas y costumbres [3].

Lo anterior desató la inquietud de conocer qué tan preparados están los empresarios de este sector económico en Bucaramanga frente a procesos de insolvencia empresarial; es así como este documento muestra los resultados de un estudio realizado a 61 hoteles de la ciudad, en donde un importante porcentaje dice conocer el proceso para declararse en insolvencia, usando como mecanismo de salida antes de llegar a ser insolvente el acceso a créditos bancarios.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Aspectos históricos de la hotelería

Un hotel es un establecimiento cuya actividad económica es prestar el servicio de alojamiento por medio de habitaciones privadas en un edificio, estas habitaciones tienen elementos básicos como una cama, un armario, y un baño entre otros y ofrece el servicio de recepción, desayuno y salón de estar [4]. Estas características varían dependiendo de la categoría del hotel, la ubicación y el tamaño, pero en general ofrecen habitaciones con baño privado y mini bar, servicios de recepción para el *check-in* y *check-out*, personal capacitado, limpieza, transporte, restaurante, piscina e incluso paquetes turísticos.

La industria hospitalaria data desde los primeros hombres que salieron de sus asentamientos y recurrían a armar tiendas para el descanso en donde lo deseaban, fue entonces cuando los viajeros empezaron a intercambiar mercancías por hospitalidad, desde ese tiempo se conoce al hospedaje como una de las primeras empresas comerciales; bíblicamente se habla que el sitio ofrecido para descanso era en un establo es decir que los viajeros compartían su estadía con caballos y ganado.

El arcaísmo indica que era común que las familias de las zonas rurales hospedaran a personas que les solicitaban pasar la noche y a cambio recibían comestibles o prendas como agradecimiento, esto indica que su origen se remonta a la época antes de cristo, pasando por la segunda guerra mundial hasta la edad de oro de la hotelería.

Con el tiempo se dio la construcción casonas cercanas a monasterios, santuarios o a orillas de los caminos donde se estimaba que viajeros con fines comerciales, religiosos o políticos tendrían la necesidad de buscar un sitio de reposo antes de seguir con sus rutas. En la antigüedad esos lugares eran llamados, entre otros, tiendas, moradas, posadas, albergues y hospedajes [5].

Del primer hotel en la historia del que se tiene registro y que incluso sigue existiendo después de más de 52 generaciones, es el hotel Nishiyama Onsen Keiunkan, ubicado en Hayakawa, Japón, se conoce que este sitio de hospedaje fue construido en el año 705 antes de cristo [6], desde entonces se alude al país asiático como el fundador de la tradicional cultura del hospedaje.

En América, el primer hotel en ser construido fue en la ciudad de México hacia el año 1525 con disponibilidad de habitación, alimentos y provisiones; ya para el año 1855 en esta misma ciudad se dio apertura a un hotel con ciertos lujos, siendo una mansión de una familia adinerada; para este mismo periodo de tiempo en Europa con la revolución industrial, la tabernas empezaron a ofrecer el servicio de hospedaje el cual incluía alimentos y bebidas pero con precarias condiciones de higiene y privacidad. Con el pasar del tiempo surgieron construcciones de lujo con servicios como los ofrecidos en los castillos europeos, donde el acceso era para personas con gran poder adquisitivo y desde allí se adoptó la palabra hotel.

Por su parte Estados Unidos adopta en la época colonial, el modelo de las tabernas europeas en donde se compartían las habitaciones entre huéspedes; para el siglo XIX los estadounidenses construyeron grandes propiedades junto a los puertos mejorando los servicios y acogiendo a trabajadores o familias de clase media con alojamiento cómodos y limpios, en tanto que Europa seguía con el privilegio higiénico solo para la aristocracia [7].

La era dorada de la hotelería (entre los siglos 18 y 19) se caracterizó por la revolución hospitalaria, siendo Estados Unidos el pionero en construir un hotel de primera clase, ofreciendo habitaciones con llave; para 1874 construyó el hotel más lujoso del mundo llamado Palace Hotel, con 7 pisos y 800 habitaciones e incluso con aire acondicionado y ubicado en la ciudad de San Francisco.

## **2.2 El sector hotelero en Colombia**

El servicio de hotelería en Colombia surgió igualmente de manera primitiva y rudimentaria, ofreciendo hospedaje a arrieros y viajeros ubicados en la vera de los caminos; debido al comercio se fueron construyendo fondas y pensiones facilitando la estadía de los comerciantes. Como el río Magdalena se había convertido en la única vía de conexión entre la costa atlántica con el interior del país para temas comerciales, surgieron los hospedajes en los puertos fluviales, y fue para 1889 que se inauguró el que se considera el primer hotel en Colombia llamado Hotel América y ubicado en Honda, Tolima.

Con el auge del ferrocarril en el siglo XIX, nacieron los primeros hoteles de lujo en Colombia, algunos de estos son el Hotel Tequendama ubicado en Bogotá y que inició la prestación del servicio de hospedaje en 1928 conocido en la actualidad como unos de los más influyentes de América Latina, también se encuentran en igual nivel de exclusividad el Hotel Santa Clara de Cartagena, el Hotel Intercontinental de Cali y el Hotel Dann Carlton de Medellín. En los años siguientes y con el crecimiento económico, la industria hotelera del país se expandió y entraron en vigor las cadenas hoteleras como los Hoteles Hilton y Marriott entre otros. En la actualidad a nivel nacional existen hoteles de todo tipo y para todos los presupuestos desde albergues y hostales de bajo costos hasta grandes boutiques y hoteles de lujo.

La Asociación Hotelera y Turística de Colombia COTELCO, creada en 1970, afirmó que para 2021 existía alrededor de 3.400 hoteles en todo el país con disponibilidad de 264.000 habitaciones y con servicios incluso para reuniones o eventos [8], siendo las ciudades de Cartagena y Bogotá las de mayor oferta por sus actividades turísticas y de negocios. Este sector económico ha sido de los que han experimentado crecimiento sostenido, según el Banco de la República de Colombia el turismo representa alrededor el 3% del PIB [9].

Con la llegada de la pandemia producida por la Covid-19, el sector turístico y por ende la hotelería fue de los más afectados debido a las medidas preventivas para evitar los contagios y la propagación del virus, y es que el cierre de fronteras y las restricciones aéreas provocaron una baja tasa de ocupación hotelera y grandes pérdidas económicas generando crisis de liquidez y desempleo [10]. Para mitigar un poco el desempleo ocasionado y los problemas de liquidez, el gobierno estableció líneas de ayuda para el sector turístico como lo fue el crédito con Bancoldex, el aplazamiento del pago de los aportes parafiscales y el aplazamiento de las



declaraciones de IVA y Renta; sin embargo, gran parte de las empresas hoteleras del país son de tamaño pequeño, incluso con capital familiar y con pocas posibilidades de afrontar una deuda más.

En 2021 se empezó a ver resultados positivos en donde resalta la contratación de más de 150.000 puestos directos y los indirectos están por encima de 300.000 [11]. Entre enero y septiembre de 2022 se incrementó la ocupación hotelera en un 50,9% ingresando más de dos millones de extranjeros al país en relación con el mismo periodo del año 2021, esta recuperación se logró por factores como la suspensión del IVA decretada durante la pandemia y el plan de vacunación [12]. Y al finalizar el año se consolidó una ocupación hotelera del 61,38% siendo la tasa más alta de los últimos 7 años, lo que demuestra un mejoramiento competitivo y mayor calidad de servicio a los turistas [13].

Actualmente, la hotelería ostenta crecimiento impulsado por las plataformas de alojamiento como lo son Arbnb, Booking y Trivago, entre otros, los cuales muestran a los turistas un abanico de posibilidades para lo que están buscando, lo que deja claro que el sector turístico es generador económico del país. Entre los principales destinos y ocupación hotelera, se encuentran las ciudades de Bogotá, Medellín y Cartagena con hospedajes de lujo y otros tipos resort en localidades de playa como Santa Marta y San Andrés; no ajeno a esto, en el resto del país resaltan estadias por temas de negocios.

Estas plataformas son conocidas como economía colaborativa, es un novedoso modelo económico que llegó con la Industria 4.0 rompiendo el paradigma de consumo e incentivando el uso del internet y las telecomunicaciones, es decir que el uso de estas tecnologías ha permitido la interacción entre la oferta y la demanda intentando responder a las necesidades de compradores y vendedores.

Con este modelo se ha fomentado las fuentes de ingreso, se han creado nuevas oportunidades laborales y se ha incursionado en trabajo flexible [14]. Estos escenarios digitales surgieron por los avances tecnológicos y la situación económica a nivel general y abrió las puertas para que los turistas comparen precios, acomodación y demás servicios ofertados por cada hotel en tiempo real.

### **2.3 Influencia del sector hotelero en la ciudad de Bucaramanga**

Bucaramanga es un municipio colombiano y capital del departamento de Santander, este departamento se caracteriza a nivel turístico por sus montañas, cañones, ríos, cuevas y llanuras siendo un atractivo para quienes buscan deportes de aventura como el parapente, el torrentismo y el rafting entre otros [15]; igualmente resalta las visitas a sitios como el Cerro del Santísimo y el Cañón del Chicamocha, otros visitantes llegan a la ciudad a disfrutar de espacios de trabajo, estudio o conferencias y otros tantos arriban con planes médicos; es por esto que la capacidad hotelera de Bucaramanga ofrece gran variedad y posibilidades a los turistas, en acomodaciones por medio de hoteles, residencias, paraderos e incluso cabañas.

Es por lo anterior que una de las principales estrategias de competitividad es aprovechar la riqueza que ofrece el medio ambiente, el clima y la topografía para turistas que buscan deportes extremos además de ofrecer variedad cultural y gastronómica a los visitantes beneficiándose de la llegada de estos; y para que aumente esta competitividad los empresarios buscan tener satisfechos y capacitados a los empleados para que estos a su vez ofrezcan un servicio con calidad y reflejen una imagen de querer volver a la ciudad. Es de resaltar que potencialmente se promueve dentro de la ciudad tres productos turísticos como lo son el turismo gastronómico con su legado histórico, el turismo de salud el turismo de negocios para reuniones, incentivos, conferencias y eventos conocido como MICE [16].

En Bucaramanga, el hotel Bucarica, ubicado en el centro de la ciudad, es el más legendario en la historia hotelera del departamento de Santander, fue inaugurado el 10 de diciembre de 1941 con un estilo español californiano y su nombre es en homenaje al cacique Bucarica, un distinguido santandereano conocido por ofrecer hospedaje a personas ilustres y en general a visitantes de la ciudad [17]. Este hotel funcionó como tal hasta 1999, ya que pasó a ser sede empresarial, cultural y administrativa de la Universidad Industrial de Santander y a la fecha se conoce como la sede UIS Bucarica el cual alberga salas para exhibición artística y cultural [18] y es patrimonio santandereano.

Además, la ciudad se caracteriza por el alto nivel competitivo hotelero y todos buscan un mayor flujo de clientes; económicamente también fue afectada por los estragos de la Covid-19, y a la par, también activó mecanismos y acciones de mitigación de impactos negativos en su entorno, estas alternativas estaban basadas principalmente en la protección de empleos, para esto implementaron como otros sectores el teletrabajo, concedieron vacaciones, pactaron de común acuerdo licencias no remuneradas y redujeron de manera temporal los salarios. En cuanto a infraestructura para el turismo, Bucaramanga es una de las tres ciudades junto con Bogotá y Medellín con mejor accesibilidad para prestación de servicios turísticos [19].

Los hoteles de la ciudad ofrecen gran satisfacción laboral en sus establecimientos por las condiciones físicas de trabajo, sin embargo los empleados sienten que necesitan mayor reconocimiento profesional para evitar caer en aspectos relacionados como la rotación de personal, el desempeño, el compromiso con la organización y el absentismo [20]. De aquí deriva la importancia de capacitación al talento humano en temas como actualización del conocimiento, desarrollo de habilidades y comportamiento de contacto con el cliente entre otros, lo que responde a un servicio prestado con alta calidad [21].

De otro lado y como se ha mencionado anteriormente, la hotelería hace parte del conglomerado turístico y la capital Santandereana conocida como la ciudad bonita, promueve el turismo con los sitios emblemáticos como los parques de la ciudad, lo que por infortunadas causas en la actualidad están siendo ocupados por el comercio informal e incluso por familias desplazadas de otras ciudades del país y países vecinos. Esto ocasiona que el atractivo turístico disminuya al interior de la ciudad y por ende baje la demanda hotelera, a esto se suma que la oferta de actividades de entretenimiento, ocio y cultura en estos parques es limitada [22]. Así mismo, algunos de los hoteles no cuentan con recursos económicos, espacios físicos o virtuales ni tecnologías que les permita innovar en sistemas turísticos y de alojamiento, pero sí tienen líderes comprometidos con el impacto de acciones para el desarrollo innovador [23].

## 2.4 El turismo en el sector hotelero

El turismo es una de las actividades mercantiles más influyentes en la generación de desarrollo económico y social del país, es notorio su crecimiento en los últimos años soportado con el número de turistas nacionales y extranjeros que recorren los distintos destinos de la nación; Colombia resalta por la diversidad de destinos como playas, sitios coloniales y lugares con gran naturaleza. Así mismo, el turismo de negocios es un potencial gracias a la infraestructura y la oferta de eventos y ferias internacionales, a su vez se esfuerza por promover el turismo sostenible basado en la certificación de destinos turísticos y el uso de energías renovables en los hoteles.

En este sentido, el país recibió en enero de 2023 a 454.727 turistas extranjeros lo que representa un 63,5% de incremento frente al año anterior y precisamente el año 2022 se vio beneficiado de manera hotelera y turística por eventos como conciertos, el deporte y la cultura, además de foros y viajes de negocios [24] lo que contribuyó a un gran aporte económico. La Figura 1 muestra la cantidad de visitantes no residentes en Colombia entre 2020 y 2022 en cifras preliminares.






	2020	2021	2022 (Pr)	Var (%) 20-22	Var (%) 21-22
 Extranjeros no residentes	893.863	1.395.265	3.275.784	266,5%	134,8%
 Extranjeros sin venezolanos	791.671	1.249.178	3.040.310	284,0%	143,4%
 Venezolanos**	111.627	182.188	263.872	136,4%	44,8%
 Colombianos residentes exterior	358.397	731.669	1.202.169	235,4%	64,3%
 Cruceros internacionales	134.357	18.877	167.632	24,8%	788,0%
<b>Total</b>	<b>1.386.617</b>	<b>2.145.811</b>	<b>4.645.585</b>	<b>235,0%</b>	<b>116,5%</b>

Figura 1. Visitantes no residentes en Colombia entre 2020 y 2022

Esta información fue tomada de Migración Colombia y Sociedades portuarias. Cálculos OEE – MinCIT e indican que los visitantes no residentes en 2022 aumentaron un 235% respecto al año 2020 e igualmente aumentaron en un 116,5% frente al año 2021. Esta fluctuación e incrementos derivan del tiempo de confinamiento por pandemia y la reactivación económica para el sector turismo. Los extranjeros no residentes hacen referencia a los visitantes que residen en otros países, es decir que no tienen nacionalidad

colombiana y no residen en Colombia. Por su parte, se tiene índices aparte para la población venezolana dado en gran número de ingreso de estos al país en los últimos años.

Según cifras preliminares, a marzo de 2023 llegaron al país 464.499 visitantes no residentes, de los cuales 340.890 correspondió a extranjeros no residentes, 67.244 fueron colombianos residentes en el exterior que visitaron el país y 56.365 incumbió a pasajeros en cruceros internacionales. Las ciudades destino con mayor número de extranjeros no residentes corresponden a Bogotá con un 40,8% de visitantes, seguida de Medellín y Cartagena (Figura 2).



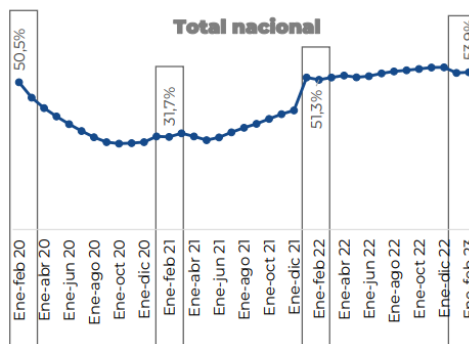
**Figura 2.** Ciudades destino de los visitantes entre 2020 y 2022. Estos índices excluyen a los venezolanos

A nivel interno, las personas que realizaron visitas a otras ciudades o excursionismo entre enero y febrero de 2023 fue de más de 337 mil visitantes, principalmente a los parques nacionales naturales del territorio nacional representando un aumento del 33,1% frente a 2021, como se muestra en la Figura 3.

Enero-Febrero					
PNN	2021	2022	2023	% Var 20-22	% Var 21-22
PNN Tayrona	56.281	98.010	166.898	196,5%	70,3%
PNN Corales del Rosario	63.539	116.645	135.592	113,4%	16,2%
PNN Nevados	9.798	9.584	8.181	-16,5%	-14,6%
PNN El Cocuy	5.413	6.835	7.353	35,8%	7,6%
PNN Sierra Nevada	1.150	4.650	6.551	469,7%	40,9%
PNN Farallones de Cali	0	3.533	3.966	-	12,3%
SFF Flamencos	0	5.258	2.787	-	-47,0%
PNN Chingaza	1.161	2.120	2.340	101,6%	10,4%
PNN Utría	339	1.100	1.001	195,3%	-9,0%
PNN Gorgona	1.045	803	736	-29,6%	-8,3%
ANU Estoraques	0	3.568	394	-	-89,0%
Otros	464	1.209	1.463	215,3%	21,0%
Total general	139.190	253.315	337.262	142,3%	33,1%

**Figura 3.** Visitas a Parques Nacionales Naturales entre enero y febrero de 2023

Por su parte, el DANE reportó que entre enero y febrero de 2023 la ocupación de alojamiento registrada fue del 53,9% mostrando 6,3 puntos porcentuales por encima del mismo periodo del año 2019, como se refleja en la Figura 4, y la ocupación más alta estuvo concentrada en Cartagena con 74,8%, San Andrés con 67,8% y Bogotá con 59,5%. Esto indica que el turismo es la mayor fuente de ocupación de hoteles del país y esto a su vez genera un potencial económico con crecimiento en los últimos años.



**Figura 4.** Alojamiento nacional entre 2020 y 2023

### 3. MÉTODO

Esta investigación fue realizada con una metodología descriptiva y un enfoque mixto; se identificaron los componentes administrativos y legales dentro del proceso de insolvencia económica a fin de recopilar y analizar el estado del sector hotelero de la ciudad de Bucaramanga. Es una investigación mixta porque se utilizaron las técnicas de encuesta (información cuantitativa) y entrevista (información cualitativa) aplicado a una muestra representativa para presentar resultados claros. Con la información obtenida en las encuestas y entrevistas se realizó un análisis utilizando hojas de cálculo, gráficos y tablas, para finalmente presentar los resultados de las empresas objeto de estudio.

La población la componen 235 empresas con actividad económica de alojamiento en hoteles de la ciudad de Bucaramanga de las cuales el 81,3% están constituidas como personas naturales y el 95,7% son microempresas [25], de esta población se extrajo una muestra de 146 hoteles a estudiar, de los cuales finalmente el estudio fue realizado en 61, debido a causas como la no disponibilidad de participar en el estudio y entre otras por protocolos de bioseguridad. Por lo anterior, se puede observar que se utilizaron tanto fuentes primarias como secundarias, estas últimas mediante artículos, libros, informes y bases de datos, es decir información que ya ha sido recopilada y analizada por otros.

### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 4.1 La insolvencia económica en las organizaciones

La insolvencia es la incapacidad de una persona natural o jurídica para hacer frente a las obligaciones financieras, es decir que no cuenta con los recursos suficientes para cancelar las deudas contraídas; una situación de insolvencia no implica necesariamente que la persona cese definitivamente sus actividades o que se encuentre en quiebra, ya que existen procesos con los que se puede revertir este estado. Por el contrario, la solvencia es la capacidad de devolver las deudas u obligaciones adquiridas para asegurar la estabilidad y viabilidad económica en el largo plazo [26].

Para medir el nivel de solvencia, existen algunos indicadores que también son llamados de endeudamiento, que son tomados desde la información y los cuales buscan medir la capacidad de la empresa para generar fondos y cubrir sus deudas de mediano o largo plazo, los de mayor importancia son:

- *Endeudamiento total*: Indica el porcentaje de los recursos de la empresa que son financiados por terceros (deuda), es decir, relaciona la proporción que representa los pasivos respecto del total de activos. En la ecuación (1) se lee en porcentaje.

$$\text{Endeudamiento total} = \frac{\text{Pasivo total}}{\text{Activo total}} \times 100 \quad (1)$$

Si el resultado es alto significa que se está empleando más deuda para financiar los activos y así obtener utilidades. Si el resultado reducido implica que el financiamiento de terceros es menor para producir y generar beneficios.

- *Estructura de capital*: mide el nivel de endeudamiento que tiene la empresa respecto a su patrimonio neto; también se llama endeudamiento patrimonial o *leverage*. En la ecuación (2) se lee en porcentaje.

$$\text{Estructura capital} = \frac{\text{Pasivo total}}{\text{Patrimonio total}} \times 100 \quad (2)$$

Si el indicador es mayor al 100% significa que las deudas superan el patrimonio y la empresa está sobre endeudada; si el indicador es inferior al 100% indica que el capital propio supera el monto comprometido con terceros.

- *Deudas a corto plazo:* indica el porcentaje de las deudas que deben ser pagadas en el corto plazo; también es llamado razón de plazo de deuda o índice de concentración. Se lee en porcentaje (ecuación (3)).

$$\text{Deudas a corto plazo} = \frac{\text{Pasivo corriente}}{\text{Pasivo total}} \times 100 \quad (3)$$

Mientras menor sea su valor, mayor calidad tiene la deuda porque el mayor peso de la deuda recae en las obligaciones a largo plazo las cuales tienen un vencimiento lejano.

Las crisis financieras presentadas en los últimos años, han suscitado en las empresas prestar atención e importancia para medir el riesgo de insolvencia [27], que como se indicó puede ser cuantificable mediante información contable, y que administrativamente busca anticiparse a la eventualidad de tener problemas económicos y generar insolvencia. En algunos casos se genera por las altas tasas impositivas generadas en las reformas tributarias, la volatilidad del dólar que aumenta los costos de materias primas y la competencia de mercados a través de los tratados comerciales que pueden disminuir la solvencia [28].

Para evitar que las empresas caigan en quiebra definitiva, se creó en Colombia el régimen de insolvencia empresarial conocido con la ley 1116 de 2006, cuya finalidad es la protección del crédito y la recuperación y conservación de la empresa como unidad de explotación económica y fuente generadora de empleo, a través de una reorganización y liquidación oficial. Mediante este régimen las personas naturales comerciantes o jurídicas pueden pagar las deudas acumuladas con los acreedores protegiendo su establecimiento como fuente de ingresos. En el artículo 3 la ley indica las personas excluidas o no sujetas a este régimen:

1. Las Entidades Promotoras de Salud, las Administradoras del Régimen Subsidiado del Sistema General de Seguridad Social en Salud y las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud.
2. Las Bolsas de Valores y Agropecuarias.
3. Las entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera de Colombia. Lo anterior no incluye a los emisores de valores, sometidos únicamente a control de la referida entidad.
4. Las entidades vigiladas por la Superintendencia de Economía Solidaria que desarrollen actividades financieras, de ahorro y crédito.
5. Las sociedades de capital público, y las empresas industriales y comerciales del Estado nacionales y de cualquier nivel territorial.
6. Las entidades de derecho público, entidades territoriales y descentralizadas.
7. Las empresas de servicios públicos domiciliarios.
8. Las personas naturales no comerciantes.

Así mismo, el artículo 9 consagra los requisitos de inicio para el proceso de reorganización:

1. Cesación de pagos: cuando la empresa lleva más de 90 días de incumplimiento de pago a 2 o más acreedores o tenga en su contra 2 o más demandas presentadas por sus acreedores para el pago de la deuda.
2. Incapacidad de pago inminente: cuando la empresa presenta incapacidad de pago debido a circunstancias del mercado en el que se desempeña.

Las personas naturales comerciantes pueden acceder únicamente mediante la condición de cesación de pagos y no cuentan las obligaciones alimentarias.

## 4.2 Factores que conllevan a declararse en insolvencia

Para determinar los factores que conllevan a las empresas del sector hotelero de la ciudad de Bucaramanga a declararse en insolvencia se aplicó una encuesta a 61 hoteles, lo primero que se consultó fue el conocimiento sobre el proceso para declararse en insolvencia, a lo cual el 60% dice conocer el proceso y el

40% restante desconoce el mismo. Esto indica que debido a la situación económica por factores como la pandemia, gran parte de los empresarios se han informado de los procesos a implementar en caso de caer en insolvencia. Otra pregunta clave en la investigación fue conocer los mecanismos utilizados para financiarse antes de declararse en insolvencia, en respuesta se conoció que los empresarios acudieron a préstamos bancarios, realizaron actividades comerciales y buscaron alianzas estratégicas, como se muestra en la Figura 5.

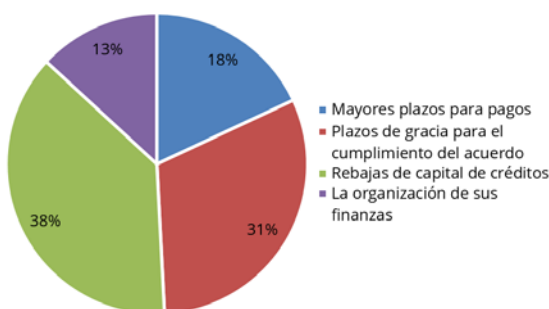


**Figura 5.** Mecanismo utilizados antes de declararse en insolvencia

Lo anterior refleja que los empresarios del sector hotelero optan primero por acudir a financiamiento por medio de entidad financieras, sin embargo también utilizan la publicidad y estrategias comerciales para atraer clientes y finalmente hacen estrategias o clústeres entre ellos lo que a su vez fomenta el turismo y el hospedaje.

Seguidamente se indagó sobre los beneficios adoptados por el gobierno nacional para contribuir a la reactivación económica del gremio hotelero de cara a la crisis generada por la Covid-19 y como medidas preventivas para mitigar la insolvencia en estos tiempos, a lo que el sector manifestó en gran proporción que la exención del IVA para los servicios de hotelería y turismo fue una buena estrategia ya que esto permitió el arribo de más visitantes en los hoteles porque se pudieron ofrecer descuentos y tarifas especiales a los clientes y algunos de estos recursos se usaron para crear actividades a los visitantes.

De otro lado, fue necesario conocer la prioridad de los beneficios que se obtienen con la reestructuración administrativa y la Figura 6 muestra los resultados.



**Figura 6.** Beneficios obtenidos con la reestructuración administrativa

Estos indicadores muestran que los empresarios ven mayor beneficio en la rebaja de capital a las deudas con entidades financieras ya que entidades bancarias por ejemplo son exigentes en los cobros y el endeudamiento es de los mayores preocupantes de los empresarios, seguidamente los plazos de gracia para cubrir las deudas, los mayores plazos para pagos y la organización de las finanzas se consideran de gran provecho en las organizaciones para no llegar a la insolvencia total. Es importante aclarar que el 31% de los hoteles (19 en total) han recurrido a la refinanciación de pasivos con acreedores y han solicitado admisión a la ley 1116 de 2006, esto refleja que el 69% de los hoteles toman alternativas distintas de apalancamiento antes de acogerse a dicha ley.

Finalmente, se consultó sobre el principal motivo para declararse en insolvencia y los resultados se observan en la Figura 7. Los empresarios consideran que en primer lugar el alto endeudamiento los lleva a manifestarse en insolvencia, seguido de los altos costos y gastos de la compañía, la disminución de las ventas, la falta de capital de trabajo y la baja rentabilidad del negocio.

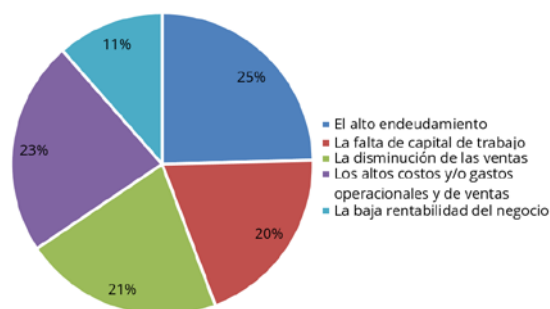


Figura 7. Motivos para declararse en insolvencia

### 4.3 Impacto del proceso de insolvencia en las empresas

Para medir el impacto que genera en las empresas del sector hotelero el entrar en insolvencia, se realizó un par de preguntas abiertas tipo entrevista, de estas se puede extraer que, al estar en insolvencia en tiempos de pandemia los hoteles se basaron en la incertidumbre y adaptación en cada situación presentada, algunos cerraron sus puertas y otros crearon campañas virtuales y cambios para una reapertura presentando incluso inconvenientes para realizar acuerdos comerciales y crediticios.

Para mejorar los acuerdos con los acreedores mejoran la comunicación con estos, creando estrategias basadas la negociación no litigiosa, la buena fe y la proactividad para llevar a cabo las deudas contraídas, igualmente desde la gerencia se manejan y destinan activos con miras a propiciar pagos y reactivarse económicamente; adicional a esto, aprovechan los recursos existentes y se reestructuran prioridades minimizando gastos y maximizando la riqueza, todo esto dentro del proceso de reorganización y liquidación oficial. Con esto, se eliminan o disminuyen desperdicios y gastos innecesarios y se realizan los pagos pactados mediante un cronograma estructurado cumpliendo las obligaciones con el estado, proveedores, personal etc.

Los impactos generados con el proceso de insolvencia pueden ser positivos o negativos, dentro de los positivos se encuentra la mejora en la situación financiera de la empresa, el pago oportuno pero a largo plazo de sus obligaciones, la continuidad de operaciones y la estabilidad laboral de los empleados entre otros; negativamente es frecuente que se pueda perder el control de la empresa ya que la toma de decisiones no estaría sujeta solamente a la gerencia y directivos si no a entidades externas reguladoras lo que a futuro puede ser perjudicial para la compañía y finalmente la reputación de la misma puede verse afectada al ser expuesta y vista como una empresa insolvente y con problemas financieros.

Aunque varios establecimientos hoteleros tienen conocimiento sobre la ley de insolvencia, existen empresarios que optan por cerrar sus establecimientos y declararse directamente en quiebra, quienes toman la decisión de acogerse a ella ven un salvavidas para salir de ese estado evitando el cierre de sus negocios.

## 5. CONCLUSIONES

La ley 1116 de 2006 contempla el proceso para acogerse a insolvencia empresarial, como una estrategia para salvaguardar los activos y enfrentar los pasivos contraídos. El objetivo principal de este régimen es establecer la normatividad para proteger a los deudores que enfrentan dificultades financieras en pro de coadyuvar a reorganizar sus empresas y resolver los problemas de deuda. El proceso contemplado en esta ley es claro y transparente para la reorganización y liquidación empresarial con apuros financieros; a los acreedores les proporciona una forma efectiva de recuperar sus deudas y minimizar las pérdidas.

Con esta ley también se evita forzar la liquidación total de los negocios, contribuyendo a su vez en la preservación de empleos y el mantenimiento de la actividad económica. Se puede decir que con esta ley de una u otra forma se promueve la cultura empresarial, impulsando en los emprendedores y empresarios a ser conocedores y consientes de la salud financiera de sus negocios y ser estrategias para resolver problemas de deuda.

Para acceder a los beneficios de la ley 1116, las empresas deben cumplir con requisitos y procedimientos legales con el fin de garantizar la reorganización empresarial y en caso tal la liquidación ordenada, dentro de los requisitos más representativos se encuentra primero que la empresa demuestre que realmente se encuentra en situación de insolvencia, es decir que no está cumpliendo con las obligaciones financieras contraídas a medida que éstas se vencen; como segundo debe solicitar el inicio del proceso de reorganización o liquidación ante la autoridad competente; en tercera medida debe presentar un plan de reorganización (si es el caso) en el que se incluyan las medidas para pagar sus deudas, el cual debe ser aprobado por la mayoría de sus acreedores; después de esto la empresa se somete a una fiscalización por parte de expertos asignados. En el caso que la empresa inicie proceso de liquidación, debe vender sus activos para pagar las deudas; en cualquiera de los dos casos (reorganización o liquidación) los acreedores tienen derecho a participar en los proceso y recibir información del estado financiero de la empresa.

Al consultar el sector sobre el conocimiento de los aspectos para estar en proceso de insolvencia, se evidencia que existe discernimiento al respecto y que incluso algunos empresarios antes de acogerse a esta alternativa buscan otras estrategias gerenciales para sobrellevar tiempos de crisis financiera. Por naturaleza, los hoteles tienen gran inversión en activos tales como las edificaciones, el mobiliario y los equipos entre otros, esto indica que los costos de funcionamiento son altos y los flujos de caja son variables debido a factores como la demanda turística y los eventos empresariales o sociales. Es entonces en los casos en que los hoteles se ven próximos a declararse en quiebra que se acogen a la ley de insolvencia salvaguardando así gran parte de sus activos, reorganizando sus finanzas y reestructurando sus deudas de modo que en el largo plazo sigue operando enfrentando sus deudas y contribuyendo al desarrollo económico del sector turístico del país.

De los 61 empresarios hoteleros de la ciudad encuestados, el 60% conoce el proceso o tiene nociones sobre la ley de insolvencia en Colombia, así mismo, el 66% indica que es un procedimiento apropiado para reestructurarse y seguir en funcionamiento; el 31% de las empresas han adoptado la ley y antes de beneficiarse de esta recurrieron a préstamos bancarios, publicidad comercial como las promociones e incluso buscaron alianzas estratégicas con el gremio; el principal motivo para acceder a la ley de insolvencia fue el alto endeudamiento, seguido de los altos costos y gastos, la disminución de ventas, la falta de capital de trabajo, y la baja rentabilidad del negocio. Dentro de los beneficios obtenidos con el proceso de reorganización los empresarios indican que la reducción del capital en los créditos adquiridos es el más representativo, seguido de los plazos de gracia para los cumplimientos, los mayores plazos de pagos y la organización de las finanzas.

El impacto que genera el amparo bajo la ley de insolvencia se ve reflejado la eliminación o disminución de desperdicios operativos o gastos innecesarios según las entrevistas realizadas a los empresarios, pero así mismo es evidente aspectos como el mejoramiento de la situación financiera al solucionar a largo plazo el pago de sus deudas, a su vez la reorganización permite la continuidad de la empresa manteniendo la actividad económica, brinda protección a los empleados protegiendo los derechos laborales y garantizando la estabilidad laboral. De otro lado, la empresa puede perder parte del control dentro del proceso de reorganización lo que puede limitarla a la toma de decisiones; igualmente puede quedar su reputación marcada al ser percibida como una empresa con problemas financieros especialmente de solvencia.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen el apoyo en la investigación de las estudiantes Merling Yerley Suárez Scarpetta, Nicol Dayanna González Amorocho y Erly Dorany Lasso Veru



## REFERENCIAS

- [1] Correa D. y Lopera M. (2019). Pronóstico de insolvencia empresarial en Colombia a través de indicadores financieros. *Panorama Económico* 27(2), 510-526.
- [2] Rodríguez J. (2021). *Insolvencia empresarial, derecho concursal y pandemia*. Editorial Universidad Externado de Colombia.
- [3] Luna Z. et al. (2021). Efectos financieros COVID-19, sector hotelero en el Valle de Sibundoy, Putumayo. *Revista Travesía Emprendedora* 6(1), 151-158.
- [4] Ministerio de Educación Nacional. (2021). Caracterización del sector turismo, área de cualificación: turismo, hotelería y gastronomía - TUHG. Recuperado: [https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files\\_public/2021-12/caracterizacion-sector-turismo.pdf](https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2021-12/caracterizacion-sector-turismo.pdf)
- [5] Moreno M. (1981). Algunos aspectos históricos de la hotelería en Colombia. *Sociedad Geográfica de Colombia* 116(35).
- [6] Pinto K. (2021). Los hoteles más antiguos del mundo que permanecen y siguen liderando en reservas. *La Republica*. Recuperado: <https://www.larepublica.co/ocio/los-hoteles-mas-antiguos-del-mundo-que-permanecen-y-siguen-liderando-en-reservas-3199056>
- [7] Mamani W. (2016). *Historia de la hotelería. Asesores en turismo para empresas e instituciones públicas*.
- [8] COTELCO. (2021). Observatorio Turístico Hotelero. Recuperado: <https://www.cotelco.org/observatorio-turistico-hoteler/>
- [9] Banco de la República. (2021). Boletín económico. Recuperado: <https://www.banrep.gov.co/es/boletin-economico-enero-2021>
- [10] Díaz C. (2021). Análisis de las estrategias generadas para el sector hotelero de Colombia para superar la crisis por la covid-19 durante la fase de pandemia. *Revista Turismo y Sociedad* 29(1), 183-199.
- [11] Cámara de Comercio de Bogotá. (2021). Por la reactivación económica, hoteleros ya generan casi 500.000 empleos en el sector. Recuperado: <https://www.ccb.org.co/Clusteres/Cluster-de-Turismo/Noticias/2021/Octubre/Por-la-reactivacion-economica-hoteleros-ya-generan-casi-500.000-empleos-en-el-sector>
- [12] E informa. (2022). Informe sectorial - Análisis del sector turístico y hotelero. Recuperado: <https://www.einforma.co/informes-sectoriales/sector-turistico-hoteler/>
- [13] Sectorial. (2023). Turismo y hotelería. Recuperado: <https://www.sectorial.co/informativa-hoteler-itemlist/item/619687-ocupacion-hotelera-de-2022-fue-la-mejor-cifra-en-siete-anos>
- [14] Salazar G. et al. (2020). Plataformas de economía colaborativa y su impacto en el desarrollo turístico de las PYMES hoteleras de Manabí - Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- [15] Hernández J. y García J. (2020). Tendencias y características de los viajeros nacionales que visitan la ciudad de Bucaramanga utilizando técnicas de minería de datos. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação* 36(10), 512-521.
- [16] Corzo D. y Guatibonza C. (2021). Marketing de destinos turísticos: un análisis de las tendencias mundiales post-COVID-19 en el departamento de Santander, Colombia. *Revista Kalpana* (20), 70-92.
- [17] El Tiempo (2023). Joyas de la hotelería. Recuperado: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-24972>.
- [18] Remolina R. (2022). *Memoria urbana: El Pasaje Cadena en el centro de Bucaramanga (1911 - 2022)*.
- [19] Gil J. et al. (2021). El papel del turismo patrimonial en el índice de competitividad turística regional de Colombia: una evaluación de las relaciones mediante PLS-PM. *Revista Escuela de Administración de Negocios* (90), 169-192.
- [20] García S. (2021). La satisfacción laboral en los establecimientos hoteleros: caso de estudio aplicado en Bucaramanga- Santander (Colombia). *Revista Internacional de Turismo, Empresa y Territorio* 5(1), 147-158.
- [21] Gámez F. (2019). Análisis de los factores que contribuyen a la innovación de productos y servicios en los hoteles Mipymes de Bucaramanga. Repositorio Institucional del CRAI-USTA.
- [22] Díaz N. et al. (2020). "La ciudad de los parques" - Una estrategia de marketing para la promoción turística de la ciudad Bucaramanga, Colombia. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação* 36(10), 415-427.
- [23] Contreras R. et al. (2020). Cultura de la innovación en establecimientos hoteleros de Santander, Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas FACCEA*, 10(2), 107-116.
- [24] Sectorial. (2023). Sector turismo espera crecimiento en niveles de ocupación en 2023. Recuperado: <https://www.sectorial.co/informativa-hoteler-itemlist/item/618428-industria-hotelera-turistica-espera-crecimiento-en-niveles-de-ocupacion-para-2023>
- [25] Cámara de Comercio de Bucaramanga. (2022). Registro mercantil de las cámaras de comercio aliadas. Recuperado: <http://www.compitem360.com/sitio/adn/>
- [26] BBVA. (2023). Qué es la solvencia financiera y cómo se puede calcular. Recuperado: <https://www.bbva.com/es/salud-financiera/que-es-la-solvencia-financiera-y-como-se-puede-calcular/>.
- [27] Ludeña M. y Tonon Luis. (2021). Calculando el riesgo de insolvencia, de los métodos tradicionales a las redes neuronales artificiales. Una revisión de literatura. *INNOVA Research Journal* 6(3), 270-287.
- [28] Cárdenas M. et al. (2018). Factores determinantes en la insolvencia financiera de empresa extranjera tipo pyme. Capítulo 7. 213-247.

# Hasta dónde deber llegar la Inteligencia Artificial para que sea útil y necesaria para la humanidad

Omar Iván Trejos Buriticá<sup>1</sup>

Luis Eduardo Muñoz Guerrero<sup>2</sup>

Jorge Iván Ríos Patiño<sup>3</sup>

*Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia*

La avanzada actual de la Inteligencia Artificial IA plantea varias preguntas para el ser humano que, en su devenir, ha acudido a herramientas para hacer más fácil su vida, su existencia y su coexistencia. La utilidad de la IA pareciera indiscutible, aunque se presentan algunas reflexiones al respecto y surge la inquietud acerca de la necesidad de estos desarrollos, pues tienen roles diferentes en una sociedad ávida de soluciones, fértil en problemas emergentes y nuevos escenarios, pero que pareciera requerir la presencia del ser humano como su principal protagonista. Para el desarrollo de la presente investigación se entrevistaron 59 profesores universitarios de humanidades e Ingeniería, con quienes se compartieron inquietudes, opiniones y preguntas que se analizaron bajo un enfoque cualitativo, con la técnica del análisis semántico y el análisis intertextual, y que develan las preocupaciones que, desde estas áreas, se plantean a la luz del surgimiento de la IA. Los resultados bosquejan la necesidad de que las humanidades, como área y como tema, cobre mayor presencia en los currículos de los programas de Ingeniería, y que se adopten diferentes estrategias para que los estudiantes las conciban como el eje central de una sociedad que busca soluciones, pero en la que el protagonista pareciera seguir siendo el ser humano con todas sus virtudes y defectos. Se concluye que en la medida en que se fortalezca el sentido del humanismo en los programas de Ingeniería, se podrá entregar a la sociedad ingenieros capaces de articularse con las nuevas tecnologías, como sucede con la IA, pero también capaces de articularse con las necesidades del ser humano y con sus interacciones y dinámicas que, finalmente, son las que construyen la sociedad desde los diferentes escenarios que la tecnología y la vida social provee.

---

<sup>1</sup> Ingeniero de Sistemas, Especialista en Instrumentación Física, Magíster en Comunicación Educativa y Doctor en Ciencias de la Educación. Contacto: [omartrejos@utp.edu.co](mailto:omartrejos@utp.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero de Sistemas, Magíster en Ingeniería de Sistemas y Doctor en Ciencias de la Educación. Contacto: [lemunozg@utp.edu.co](mailto:lemunozg@utp.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Industrial, Magíster en Representación del Conocimiento y Doctor en Ingeniería. Contacto: [jirios@utp.edu.co](mailto:jirios@utp.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Se ha especulado sobre la aparición de la Inteligencia Artificial desde la perspectiva de acceso que provee el servicio ChatGPT, desde saber que puede ser la herramienta que el conocimiento y las ciencias estaban esperando para dinamizarlas, catapultarlas y hacerlas avanzar, hasta convertirse en una de las amenazas que tiene la humanidad en el momento. La humanidad está frente a una situación que, como muchas en el pasado, la confrontan y la retan a adaptarse a un nuevo cambio [1], posiblemente más complejo que cualquier otro ya vivido en donde el tiempo de adaptación es breve [2] y el impacto de estas nuevas tecnologías es agresivo e influyente [3].

La humanidad tuvo siglos para domar el fuego, contó con cientos de años para aprovechar la rueda [4], aprovechó mucho tiempo para entender la fundición de metales, dispuso de muchas décadas para capitalizar la máquina de vapor, pudo aprovechar muchos años para obtener los beneficios de la electricidad [5], dispuso de unos pocos años para comenzar a visualizar un mundo diferentes a través de los computadores, se acopló en pocos días a las bondades de la Internet y las redes sociales y ahora, con el acceso a aplicaciones con IA como el servicio ChatGPT tiene horas para que comencemos a pensar en la forma de aprovechar esta nueva herramienta tecnológica y concebirla como un reto o una oportunidad más que como una amenaza [6].

El mundo actual tiene cuatro características que lo hacen diferente a otros mundos vividos, sin dejar de pensar que siempre fue contemporáneo, no desde la concepción de la clasificación que las ciencias humanas han establecido, sino desde la perspectiva de saber que es contemporáneo todo aquello que sucede mientras existimos [7] y, por lo tanto, se puede pensar en la contemporaneidad el mundo en cualquier momento de la evolución de la humanidad. En este mismo sentido, las cuatro características que hacen del mundo actual un espacio diferente son: 1) los cambios son repentinos y absorbentes [8], 2) el tiempo que dichos cambios permiten para ajustarnos a ellos y adaptarnos de la mejor de las formas es demasiado breve y cada vez será mucho más breve [9], 3) los cambios son tan ágiles que suceden en una sola generación [10], y 4) los cambios suceden y, de igual forma repentina, transforman sociedades sin previo aviso [11].

Todo esto lleva a pensar: hasta dónde debe llegar la IA para que sea útil y necesaria para la humanidad, y que no se convierta en la amenaza que, desde diferentes espacios laborales como la docencia, pareciera advertirse amén de las facilidades supremas que provee la tecnología a través de servicios IA como ChatGPT. Es allí en donde se configura el problema de investigación que bien puede definirse como la necesidad de conocer la opinión de profesores universitarios tanto del área de humanidades como del área de Ingeniería, ubicados geográficamente en diferentes zonas, con diferentes experiencias, edades y niveles de estudio, que aporten a la discusión de la incorporación o no de la IA en los procesos de formación superior y, además, brinden opiniones, concepciones y planteamientos desde su espacio docente que dinamice y genere debate y confrontación alrededor de lo que conviene o no conviene con la IA de manera que la gran beneficiada sea la humanidad tanto desde la organización llamada Sociedad como desde el protagonismo que por naturaleza tiene el ser humano como ser individual y unidad mínima de dicha sociedad.

Pensar en este tipo de inquietudes, ponerlas en evidencia y abordarlas es parte de las labores que se deben hacer desde la academia universitaria y a todos los niveles pues es el mismo ser humano quien puede concebir una herramienta de avanzada tecnológica como una oportunidad para mover las fronteras del conocimiento o una amenaza para que dichas fronteras demoren en avanzar o se hagan avanzar por otros caminos. De aquí que esta investigación tiene una connotación altamente cualitativa [12], pues se busca encontrar elementos que permitan concebir la IA en sus justas proporciones y al tiempo, permitan visualizarla desde su forma más aprovechable por el ser humano en beneficio de la humanidad y de la Sociedad [13].

El propósito del presente documento consiste en exponer las reflexiones y opiniones recogidas con los profesores universitarios entrevistados y proveer elementos de discusión que abran espacios para el debate y la confrontación de donde se derive una mirada lo más objetiva posible acerca de la IA, sus aplicaciones, sus bondades, sus riesgos y las oportunidades que puede brindar a la sociedad. La novedad del capítulo se basa en el hecho de que se abre un espacio para la confrontación desde dos aristas: la arista del área de las

humanidades y la arista del área de la Ingeniería, que implican dos visiones diferentes cuando se pregunta por la relación de dependencia e interdependencia entre la IA y el ser humano como protagonista de ese colectivo llamado humanidad.

El estudio se justifica porque la incorporación de la IA en diferentes tareas y escenarios de la vida del ser humano es imparable y, en medio de esos escenarios, la educación superior no puede ser la excepción dado que se convierte en una fuente bien para aprender o bien para el fraude, dependiendo de la manera como sea conducida y aprovechada por los profesores desde la concepción del nuevo rol que han de desempeñar. Este capítulo es producto de las reflexiones que se derivan de un proyecto de investigación, tramitado ante la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

El capítulo presenta la metodología que se siguió para el desarrollo de la investigación, expone los resultados relevantes y los analiza para finalizar con unas conclusiones, según el orden que establece el formato IMRYD [14, 15] para redacción de artículos científicos. Las entrevistas fueron realizadas entre el final del II semestre de 2022, cuando se lanzó la plataforma ChatGPT al mercado de forma abierta, y el I semestre de 2023, cuando se llegó la versión ChatGPT4, que cuenta con una serie de facilidades que incrementan la IA al momento de responder a las necesidades de los usuarios. Las entrevistas se realizaron en el Eje Cafetero colombiano, específicamente en las ciudades de Pereira, Armenia y Manizales.

## 2. MÉTODO

La investigación tiene un enfoque cualitativo toda vez que busca comprender el fenómeno de la aparición y acceso a la IA por parte de la academia a través de plataformas como ChatGPT y desde la cual se puede analizar qué bondades o que perjuicios implica su incorporación en el aula, a partir de la mirada crítica y analítica de profesores universitarios del área de humanidades y del área de Ingeniería. Se contactaron 76 profesores de estas áreas y respondieron favorablemente 59 de ellos. Algunos fueron entrevistados de viva voz, de forma directa y personalizada y otros se entrevistaron a través de canales electrónicos tales como llamada por celular, WhatsApp y a través de la plataforma Google Meeting.

Se contactaron los profesores universitarios de las áreas mencionadas en el Eje Cafetero colombiano en las ciudades de Pereira, Armenia y Manizales. Con el ánimo de tener una muestra amplia en cuanto a la mirada frente a las innovaciones que incorpora la IA en la academia se procuró tener diferentes características en relación con la experiencia, la formación académica y la edad buscando que el espectro de opinión fuera lo más amplio y objetivo posible. Las entrevistas se realizaron entre el II semestre de 2022 y el I semestre 2023 (cuando apareció en el mercado ChatGPT4). Se buscó que se tuvieran opiniones diferentes en los dos momentos de forma que las primeras estarían impregnadas por la innovación y las segundas por el avance de la IA y las perspectivas que se pueden ofrecer en diferentes áreas de manera que sean beneficiosas para la humanidad.

La entrevista se condujo con cada profesor universitario entrevistado a partir de las repuestas abiertas, reflexiones y comentarios que pudieran hacer en relación con cinco preguntas generadoras de las reflexiones del tema que concita esta investigación: 1) ¿Sabe en qué consiste la IA? 2) ¿Considera que es una amenaza, un reto o una oportunidad para la humanidad? 3) ¿Cree necesaria o inevitable la IA para la humanidad? 4) ¿Hasta dónde debe llegar la IA para que sea útil y necesaria para la humanidad? y 5) ¿Cree que en algún momento este proceso de avance de la IA llegue a ser absolutamente irreversible para la humanidad?

En todas las preguntas se solicitó que justificaran la respuesta, de forma que no solo era afirmar o negar sino también reflexionar la respuesta. Tal como lo indica la investigación cualitativa, se busca comprender el fenómeno a investigar en contraposición con la investigación cualitativa que lo que busca es describirlo. Por eso se abrieron espacios libres y no se limitó el tiempo de respuestas para que los profesores universitarios entrevistados pudieran exponer sus ideas, inquietudes, reflexiones y temores al respecto de la IA y sus implicaciones no solo en el campo de la educación superior sino, en general, para toda la humanidad.

Las respuestas se analizaron desde una perspectiva semántica e intertextual de forma que se buscaron coincidencias, divergencias, singularidades y pluralidades que permitieran disgregar y agrupar, según fuere el caso, lo que los profesores universitarios habían expresado tal que se pudiera presentar y analizar los resultados desde la mirada que la investigación cualitativa provee y, además, hacer las reflexiones a que hubiere lugar a manera de debate. Como instrumentos de recolección se adoptó la grabación de viva voz (cuando la entrevista se realizó de forma directa y personalizada), el registro de hojas de campo y registro de observaciones, así como la selección de los factores, detalles y elementos que se consideraron importantes en el desarrollo de las entrevistas.

Según el sentido y significado las respuestas se agruparon para facilitar los análisis que se plantea en la sección correspondiente de este documento. La interpretación se realizó a la luz de los conceptos propios de la investigación cualitativa que provienen de las ciencias de la educación. Siempre se retroalimentaron las respuestas con los profesores universitarios entrevistados y se aceptaron correcciones cuando fue necesario para ajustar la interpretación que el investigador realizó a las intenciones de los entrevistados. Cabe anotar que la razón por la cual se hizo la investigación solamente con profesores de Ingeniería (asignaturas disciplinares de los programas de ingeniería) y profesores de humanidades (asignaturas del área de las humanidades en programas de Ingeniería), obedece a que la IA tiene una relación directa con ambas áreas dado que la IA proviene de la Ingeniería pero impacta a la humanidad, según las expectativas y opiniones que hasta el momento se han recabado en diferentes estudios que se consultaron.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las entrevistas fueron realizadas a 59 profesores universitarios en la región colombiana conocida como Eje Cafetero que está conformado por los departamentos de Risaralda, Quindío y Caldas. En la Tabla 1 se muestra la distribución de los entrevistados por región.

**Tabla 1.** Profesores entrevistados

Región	Ingeniería	Humanidades	Total
Risaralda	12	8	20
Quindío	9	6	15
Caldas	13	11	24
Total	34	25	59

La metodología para convocarlos comenzó con una convocatoria a cada uno por correo electrónico preguntándole el objetivo y la temática de la investigación y su aceptación para participar en ella. Se enviaron sendos mensajes a 76 profesores y de ellos, respondieron afirmativamente 59. Se intentó ser lo más equitativo en la convocatoria en número de profesores convocados, pero, debido a que algunos aceptaron y otros no, se optó por dejar la muestra tal como resultó. Al fin y al cabo, esa también es parte de la investigación pues 17 profesores no aceptaron participar, lo cual corresponde al 22% que puede mostrar, sin que sea un dato estadístico preciso, que no siempre, en estos temas de avanzada, existe la voluntad de participación lo cual es respetable, pero llamativo, porque la temática es sobre la IA y la reflexión acerca de sus posibles fronteras. Las razones para que un profesor no quiera participar en este tipo de investigaciones corresponden a un estudio que se presentará en otro trabajo.

En la Tabla 2 se presenta la cuantificación porcentual de las respuestas recibidas. Ante la pregunta A, la respuesta positiva es de un 90% lo cual indica que el tema de la IA no pasa inadvertido y que en estos tiempos pareciera ser un tema requerido por las implicaciones que tiene y las transformaciones que genera en ámbitos en donde puede llegar a ser tan útil como en el académico. Los entrevistados con respuesta Sí aceptan que es un tema que debe estudiarse, revisarse y asimilarse para estar presente en las mesas de discusión académica a que haya lugar.

La pregunta B tiene un comportamiento diferente debido a que brinda tres opciones que consisten en considerar la IA como una amenaza, como un reto o como una oportunidad. Valores porcentuales aproximados la consideran un reto y una oportunidad, respectivamente, mientras que una amenaza corresponde a un 12% de las respuestas.

**Tabla 2.** Respuestas cuantitativas

Pregunta	Respuesta	Ingeniería	Humanidades	Total	%
A ¿Sabe en qué consiste la IA?	Sí	32	21	53	90%
	No	2	4	6	10%
B ¿Considera que la IA es una amenaza, un reto o una oportunidad para la humanidad?	Amenaza	1	6	7	12%
	Reto	16	9	25	42%
	Oportunidad	17	10	27	46%
C ¿Cree que es necesaria e inevitable la IA para la humanidad?	Sí	22	11	33	56%
	No	12	14	26	44%
D ¿Hasta dónde debe llegar la IA para que sea útil y necesaria para la humanidad?	R	30	19	49	83%
	NS/NR	4	6	10	17%
E ¿Cree que en algún momento este proceso de avance de la IA llegue a ser absolutamente irreversible para la humanidad?	Sí	34	25	59	100%
	No	0	0	0	0%

Manifestaron los entrevistados que no están enterados de las posibilidades reales que ofrece la IA en la educación y por eso, basado solamente en lo que han escuchado, consideran que podría ser una amenaza, pero siendo muy prudentes con la opinión. Los entrevistados que la consideran una oportunidad o un reto, admiten que ya han empezado a utilizar servicios como ChatGPT y que, por lo tanto, saben de qué están hablando y pueden dar fe de que para que se pueda convertir la IA en un reto o en una oportunidad se necesite no solo que los profesores universitarios se capaciten a alto nivel, sino que, además, hagan efectivas las bondades de la IA en el aula en el marco de sus asignaturas.

La pregunta C tiene una distribución porcentual que privilegia la respuesta C pues los entrevistados consideran, en proporción mayoritaria, que la IA es el inicio de un proceso necesario e inevitable para la humanidad dándole más peso al hecho de ser *inevitable* y menos peso al de ser *necesaria* pero dejando en claro que la tecnología ha penetrado tantas esferas de la sociedad, prácticamente todas, que sería imposible pensar que en este momento existan razones que hagan retroceder la avanzada de lo que hoy se conoce como IA y de servicios como ChatGPT.

Ante la pregunta D, la proporcionalidad se calculó frente a los profesores que respondieron pues esta pregunta requiere un análisis más cualitativo que cuantitativo, pues corresponde a una pregunta abierta, sin embargo, se notó que algunos profesores no respondieron o no supieron qué responder por eso la respuesta se clasificó en dos opciones: los que respondieron (83%) y los que no respondieron o no sabían (17%). A pesar de ser menor, este porcentaje deja entrever que, a pesar de la publicidad que ha tenido en estos tiempos la IA y sus aplicaciones, todavía persisten muchos profesionales que aún no están articulados con esta nueva tecnología y vale la pena tenerlos en cuenta para efectos de capacitación a alto nivel.

En cuanto a la pregunta E, el 100% de los entrevistados consideran que el proceso de avance de la IA es absolutamente irreversible para la humanidad lo cual invita a que pensemos en la necesidad de abordar el tema más que ignorarlo pues llama la atención la coincidencia de todos alrededor de la misma pregunta. Además de su posible gran utilidad, la IA es una industria que mueve un capital desmedido si se tiene en cuenta las aplicaciones de alto nivel comerciales que se están desarrollando y los conglomerados económicos que están detrás de ellos. Si bien no se puede negar su utilidad (si se estudia con detenimiento) tampoco se puede negar la parte puramente económica que marca un terreno tan influyente como el académico.

En cuanto a las respuestas cualitativas, en la Tabla 3 se presentan los resultados de respuestas que se condensaron a partir de la transcripción de las entrevistas a las cuales se les aplicó la técnica de análisis semántico por similitud de textos y de análisis intertextual por similitud de significado, de manera que pudiera ser más fácil tanto su presentación como su análisis.

En cuanto a la pregunta A se observa que los profesores de ingeniería manifiestan estar muy bien enterados de lo que es la IA mientras que los profesores de humanidades, por la forma como lo expresan, están empezando a enterarse, pero no con el ahínco de los profesores de ingeniería. Algunos profesores de ingeniería incluso manifiestan estar *...bastante enterados* mientras que algunos profesores de humanidades, y no en baja proporción, expresan que *...todavía no me he sentado a estudiarla* lo cual

muestra un impacto mayor en los profesores de Ingeniería que en los profesores de humanidades lo cual si bien podría interpretarse como razonable por la naturaleza de la IA que, al fin y al cabo, es una expresión de orden tecnológico no puede descuidarse el hecho de que es un portal que comienza a impactar y afectar todo el entorno en donde, aparentemente, el ser humano es el protagonista. *Tengo una muy buena idea de lo que es y Lo estoy estudiando aceleradamente*, confirman lo dicho como respuestas condensadas de las opiniones de los profesores de ingeniería mientras que: *Debo saberlo y lo estoy haciendo*, muestra un interés por el tema, pero no con la urgencia como se hace en Ingeniería. No obstante, los profesores de humanidades están enterados al respecto del tema y han comenzado a trabajar al respecto.

**Tabla 3.** Respuestas cualitativas

Pregunta	Ingeniería	Humanidades
A ¿Sabe en qué consiste la IA?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estoy bastante enterado</li> <li>▪ Tengo una muy buena idea de lo que es</li> <li>▪ Lo estoy estudiando aceleradamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todavía no me he sentido a estudiarlo</li> <li>▪ Sí, estoy bien dateado (sic)</li> <li>▪ Debo saberlo y lo estoy haciendo</li> </ul>
B ¿Considera que la IA es una amenaza, un reto o una oportunidad para la humanidad?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para nada es una amenaza</li> <li>▪ Es el reto más grande que tenemos en la academia</li> <li>▪ Es la oportunidad que nos permitirá evolucionar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es una amenaza si se le endilga más poder del que puede tener</li> <li>▪ Es un reto en todas las esferas de la sociedad</li> <li>▪ Es una oportunidad de mirar nuestras debilidades</li> </ul>
C ¿Cree que es necesaria o inevitable la IA para la humanidad?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es necesaria para dinamizar el conocimiento</li> <li>▪ es inevitable debido a la penetración y avance del conocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No es necesario, pero de una u otra forma ahí hemos llegado</li> <li>▪ Es inevitable una vez que ya empezó su desarrollo</li> </ul>
D ¿Hasta dónde debe llegar la IA para que sea útil y necesaria para la humanidad?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hasta convertirse en nuestra gran herramienta de apoyo</li> <li>▪ Hasta que sea el bastión sobre el cual se desarrolle más conocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hasta donde la humanidad quede en riesgo</li> <li>▪ Hasta donde el ser humano pueda valorarse a sí mismo</li> <li>▪ Hasta donde Tecnología y Sociedad convivan sin rivalizar</li> </ul>
E ¿Cree que en algún momento este proceso de avance de la IA llegue a ser absolutamente irreversible para la humanidad?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En este instante ya es absolutamente irreversible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En este instante ya es absolutamente irreversible</li> </ul>

En cuanto a la pregunta B, las respuestas ante la pregunta de si se considera la IA como una amenaza, un reto o una oportunidad, hubo de todo. Los profesores de ingeniería no consideran que sea una amenaza mientras que humanidades creen que puede serlo si se le confiere más poder del que puede tener, es decir, si se basa en la fantasía su poder más que en sus realidades. Los profesores de ingeniería consideran que es el reto más grande que se tiene en la academia; los profesores de humanidades la aceptan como un reto no solo para la academia sino para *...todas las esferas de la sociedad*. En Ingeniería consideran la IA como una oportunidad que *...permitirá evolucionar*, y según sus argumentos, la evolución se refiere a todos los ámbitos de la sociedad incluyendo lo académico; los profesores de humanidades consideran la IA la oportunidad de mirarnos a nosotros mismos, es decir, de observar con especial cuidado *...nuestras propias debilidades*.

La pregunta C, donde se plantea si cree que es necesaria la IA para la humanidad, abre el espacio para que los profesores de Ingeniería coincidan en que es necesaria para dinamizar el conocimiento y, según sus argumentos discursivos, admiten que existen otros caminos para fomentar tal dinamismo pero que ninguno como éste tan fácil de acceder y tan democrático, hablando no en términos políticos sino de acceso al conocimiento. De la misma forma, los ingenieros consideran que es inevitable la aparición de la IA dada la alta penetración y avance del conocimiento, con lo cual admiten que la tecnología ha penetrado hasta los rincones más inimaginables de la sociedad y del ser humano.

Por su parte los profesores de humanidades consideran que no es necesaria la IA pero aceptan que ya se llegó a ellas. Ellos, en el diálogo, argumentan que el ser humano podría siempre que puede dar pasos dosificados busca caminos para acelerarlos y este es otro de ellos. También consideran los profesores de humanidades entrevistados que una vez se empezó su desarrollo, su avance es inevitable.

En cuanto a la pregunta D, que cuestiona hasta dónde debe llegar la IA para que sea útil y necesaria, en Ingeniería los entrevistados sugieren que debe llegar hasta convertirse en una herramienta de apoyo con lo cual argumentan que, bien utilizada, la IA es realmente una excelente herramienta. Igualmente consideran que puede, por su naturales y utilidad, llegar a ser el gran bastión sobre el que se desarrolle más conocimiento. Ya la puerta está abierta y, siendo irreversible, corresponde al ser humano recorrerlo. Por su parte en humanidades los entrevistados plantean que debe llegar la IA hasta donde la humanidad comience a sentir riesgo con su presencia. Les preocupa que ese punto sea tan irreversible que no exista marcha atrás.

Cuando se les cuestiona que sucedería, coinciden en guardar silencio pues no saben qué responder. También admiten que debe llegar hasta el ser humano pueda valorarse a sí mismo con lo cual proponen la IA como un espejo para la sociedad y para el mismo ser humano de forma que pueda ver lo que ha logrado y evaluar las cosas en las cuales no ha sido tan eficiente, tan humano y tan sabio (como la especie más evolucionada del planeta) como se supone debió haber sido. De la misma forma, plantean que debe llegar hasta donde Tecnología y Sociedad puedan convivir sin rivalizar y con ello admiten que esa dupla será indisoluble de cara al futuro.

Ante la pregunta D, que indaga si consideran que este proceso de avance y desarrollo de la IA puede llegar a ser absolutamente irreversible (como reza el enunciado), la respuesta es unánime: *En este instante ya es absolutamente irreversible*. Coinciden en aceptar que no hay forma de que se dé marcha atrás. A este respecto hacen diferentes valoraciones en cuanto al futuro incierto que se avizora cuando el avance de la IA comience a rivalizar con el ser humano incluyendo las fantasías, ya no tan utópicas, como las que se develan en la película Terminator. No existe garantía de que se llegue a ese nivel, pero tampoco existe garantía de que no se llegue. Eso es lo que podría ser preocupante.

#### 4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el propósito del capítulo es exponer las reflexiones y opiniones recogidas con los profesores universitarios entrevistados, y proveer elementos de discusión que abran espacios para el debate y la confrontación para que se derive una mirada lo más objetiva posible acerca de la IA, sus aplicaciones, sus bondades, sus riesgos y las oportunidades que puede brindar a la sociedad, puede decirse que:

1. Es importante saber muy bien en qué consiste la IA, hasta dónde puede llegar y hasta dónde no.
2. Vale la pena evaluar, dentro del contexto académico, que factores pueden definir la IA como una amenaza, como un reto y como una oportunidad. De esta forma se puede capitalizar al máximo las posibilidades de avance en el conocimiento que pueda proveer.
3. Pareciera no haber sido necesario llegar al punto de desarrollo en que se encuentra la IA pero todo indica que era inevitable.
4. Debe evaluarse, por un consenso de la humanidad, hasta dónde debe llegar la IA y hasta dónde no para beneficio del desarrollo del ser humano.
5. El desarrollo de la IA es absolutamente irreversible.



## REFERENCIAS

- [1] Ben Haim J. (2000). Why the best engineers should study Humanities. *The international journal of mechanical engineering education* 28, 195-200.
- [2] Trejos O. (2023). Uuk!!! Así empezaron las matemáticas. *Aula humanidades*.
- [3] Chen F. et al. (2017). Formation of ICT competence of future university teachers. *Open Access Journal* 13(8), 4765-4777.
- [4] Boyer C. (2010). *Historia de la Matemática*. Alianza Editorial.
- [5] Pozo S. et al. (2020). Análisis correlacional de los factores incidentes en el nivel de competencias digitales del profesorado. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 23(1), 143-159.
- [6] Poncela A. (2022). *El arte de la guerra para el doente*. Kindle Publisher.
- [7] Chang X. et al. (2022). Two decades of AI in Education. *International Forum of Educational Technology & Society* 25(1), 28-47.
- [8] Medina J. (2017). *Cerebro y Sociedad*. Urano.
- [9] Small G. (2016). *Digital Brain*. Urano.
- [10] Siemens G. (2006). *Knowing Knowledges*, Morrisville (NC). Recuperado: lulu.com
- [11] Devedzic V. (2004). Web Intelligence and AI in Education. *International Forum of Educational Technology & Society* 7(4), 29-39.
- [12] Hernández R. et al. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
- [13] Yang S. et al. (2021). Human-centered AI in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence* 2, 1-7.
- [14] Day R. (2005). *How to write and publish scientific Works*. The Oryx Press.
- [15] Barbara J. et al. (2012). How to write a scientific article. *International Journal of Sports Physical Therapy* 7(5), 512-517.

# Debates sobre la complejidad, reflexiones y mediaciones educativas

July Alexandra Villalba Rodríguez<sup>1</sup>  
*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia*

En este capítulo se reflexiona sobre la importancia de conocer las diferentes perspectivas que trae consigo la noción de paradigma y el conocimiento de la complejidad, desde la concepción de las ciencias de la complejidad o a partir del pensamiento complejo. Los autores que nutren este dominio teórico pasan por Edgar Morin, Rolando García, Carlos Eduardo Maldonado y Alexander Pomposo, entre otros; cada uno, desde perspectivas distintas, ha abierto un horizonte de pensamiento que promueve el debate sobre el conocimiento, la estructuración, e incorporación en la ciencia y su actuar con el pensamiento complejo. Los paradigmas que aquí se analizan sirven como anteojos o linternas que visibilizan las concepciones teóricas y ocultan o dejan otros sobre un trasfondo inconsciente.

---

<sup>1</sup> Profesional en Negocios Internacionales, Magíster en Gestión de la innovación y Estudiante de Doctorado en Pensamiento Complejo.  
Contacto: [july.villalba@uniminuto.edu](mailto:july.villalba@uniminuto.edu)

## 1. INTRODUCCIÓN

A través de la revisión bibliográfica que contrasta las principales opiniones fundamentadas desde el estudio del Pensamiento Complejo y las Ciencias de la Complejidad Edgar Morin [6], Zoya y Roggero [13], Carlos Eduardo Maldonado [11], Alexander Pomposo [4] y Salazar y Rivera [7], se contrarrestan los aportes académicos que realizan autores destacados que fundamentan el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad y cómo sus argumentos que falsean el quehacer de las mismas; se aclara que el texto que se presenta a continuación brinda una perspectiva desde la episteme de la complejidad, dilucidando puntos de bifurcación y contradicciones teóricas y mostrando el encuentro con especialistas y sus argumentos.

A continuación, se realizará una descripción general de los principales conceptos que se abordarán en el siguiente diálogo-debate, de tal forma se pueda comprender cada uno de los tres escenarios que se enmarcan, en primer lugar, se describe el concepto de complejidad que a partir de la década de los 80 se empezó a utilizar el término *complejidad* para designar un nuevo tipo de conocimiento o de teorías, asociadas con varios desarrollos de la ciencia contemporánea. Desde un punto de vista etimológico el término complejidad designa lo siguiente:

*[...] la palabra complejidad es de origen latino, proviene de complectere, cuya raíz plectere significa "trenzar, enlazar". Remite al trabajo de la construcción de cestas que consiste en trazar un círculo uniendo el principio con el final de las ramitas [1].*

El agregado del prefijo *com* añade el sentido de la dualidad de dos elementos opuestos que se enlazan íntimamente, pero sin anular su dualidad. De allí que *complectere* se utilice tanto para referirse al combate entre dos guerreros, como al entrelazamiento de dos amantes. En castellano la palabra complejo aparece en 1625, con su variante complejo, viene del latín *complexus*, que significa *que abarca*, participio del verbo *complector* que significa *yo abarco, abrazo*. Morin [1] señala que *de lo complejo se deriva complejidad y complejión. Por otro lado, esta última palabra, que aparece en el castellano alrededor del año 1250, proviene del latín complexio que significa ensambladura o conjunto.*

Ahora bien, las teorías de complejidad, a partir de los aportes de la ciencia contemporánea, han desarrollado una nueva filosofía natural, en la que sus conceptos abren las puertas para integrar totalmente aspectos incómodos para el pensamiento, como lo compuesto, no reducible o incluso contradictorio, la incertidumbre, lo aleatorio y lo eventual.

En la ciencia contemporánea se habían abierto dos posibilidades en relación con esos aspectos: la posibilidad de revelación y la posibilidad de inclusión. Pero las teorías de complejidad han abierto las puertas a otra tercera posibilidad: la de integración.

Por otra parte, se define Ciencias de la Complejidad cuando se trata de investigaciones que en diversos campos hacen avanzar el conocimiento científico al introducir una comprensión del mundo como sistema entrelazado. Estos estudios científicos, auxiliados de potentes dispositivos computacionales han avanzado en la creación de modelos para explicar los comportamientos de los sistemas en el tiempo, con lo que se han abierto nuevos campos de investigación, y nuevas herramientas para comprender este tipo de sistemas. *Se forma a partir de estos estudios, indirectamente, una comprensión del mundo como sistema entrelazado, que exhibe propiedades completamente nuevas y sorprendentes, como la no linealidad, o nuevas formas de determinación como el caos determinista [1].*

En el pensamiento sistémico la sistémica abrió el camino en la ciencia para comprender los fenómenos desde una visión más amplia. La sistémica es un antecedente del pensamiento complejo y de la ontología que lo sustenta, el pensamiento sistémico intenta dejar atrás las nociones mecanicistas y reduccionistas de la ciencia del momento, y se concentra en la organización, la interacción dinámica y el carácter de unidad de los sistemas. Bertalanffy incorpora los sistemas abiertos y los estados de desequilibrio, de los cuales no se ocupaban la física y la química de la época. *Además, identifica algunos principios que son aplicables a entidades completamente diferentes entre sí, pero que pueden ser vistas como sistemas. Siendo así y reconociendo las concepciones básicas de los temas que tendrán mayor relevancia en el siguiente texto, de tal forma que pueda tener mayor claridad frente al desarrollo teórico que fundamenta cada diálogo-debate.*

## 2. MÉTODO

En esta investigación se realizó un estudio documental el cual recapituló las principales obras de autores relacionados con el pensamiento complejo y su postura frente a las ciencias de la complejidad, para así confrontar argumentos en doble vía. Los datos se recopilan en una matriz de análisis que vincula 23 autores centrales como fuentes primarias del conocimiento, además se contó con el estudio de artículos científicos que muestran las perspectivas diversas del pensamiento complejo y su fundamentación epistémica.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Reflexiones teóricas en el marco de las Ciencias Complejas

Desde la fundamentación epistemológica de las ciencias de la complejidad se han creado diversos debates que cuestionan su quehacer en el mundo en las ciencias, tanto así que autores como Maldonado la han denominado carentes de método y cosmovisión, por tal motivo es necesario validar desde diferentes puntos de vista las afirmaciones que se realizan en el entorno académico; cabe resaltar que este documento abrirá el hilo de conversaciones entre Morin, Maldonado y Pomposo, que han sido consultados a lo largo de la bibliografía y que se pone en contra vía cada postura.

Para iniciar este relato de reflexiones sobre la complejidad en el marco de las ciencias complejas, se retomará el artículo del académico Maldonado [2], denominado La complejidad es un problema, no una cosmovisión, quien abre el debate al afirmar *las ciencias de la complejidad no son un método ni una cosmovisión*. Siendo así es posible disentir esta afirmación con diferentes autores, como Morin [3] y Pomposo [4], que se destacan en el marco del pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad, por ejemplo, Morin [3] desarrolla una concepción de la complejidad en la que plantea que:

*En primer lugar, se debe notar, que en sí misma, la noción de Complejidad no se encuentra en la filosofía, ni en la tradición filosófica; pero se encuentra, al contrario, en todos los grandes pensadores de la filosofía que elaboraron una complejidad para la visión del mundo*

Entonces, se debe reflexionar sobre qué condiciones deben ser consideradas para relacionar la complejidad y dejar de segregarla de la carencia de un *método* o de una *cosmovisión*, con la literatura consultada se puede describir que el pensamiento complejo aspira a lograr un conocimiento multidimensional; desarrollando herramientas que permitan contemplar los factores que han sido evadidos del mundo, la complejidad empieza a afrontar el desafío a los temas que las demás ciencias han separado, además el pensamiento complejo no pretende evitar ni suprimir tal desafío, al contrario, pretende mantener siempre una visión global que ayude a revelarlo e incluso superarlo.

A su vez, Pomposo [4] traza una ruta de navegación entorno a la concepción de la complejidad mediante las ciencias, al aseverar que existen *hombres quienes las construyen, las ennoblecen o las envilecen prostituyéndolas, es decir, vendiéndolas a algún precio, casi siempre a cambio de mitigar el prurito por el aplauso popular de los que se dedican a la ecopraxia*. Dejando clara su postura sobre la percepción de las afirmaciones desmedidas sobre la complejidad vistas desde un enfoque impreciso y simplista. Aun así, el debate va mucho más allá, y Maldonado [2] indica: *sostengo que no son ciencia de control, y enfatizo que son ciencias basadas en problemas, a saber: en problemas de frontera*.

Desarrollar estas ideas en el marco académico y sobre todo en el quehacer de la complejidad, permite que se abran los diálogos de debate desde cada postura, es el caso del intelectual Morin [3] quien explica que *la noción de Complejidad no se encuentra tampoco en la tradición científica*. Pues esta misma tradición clásica fundamentada desde el siglo XVII hasta el siglo XX rechazaba contundentemente la Complejidad; es probable que este rechazo se establezca desde el determinismo puro, además de la creación de estructuras cuadrículadas que establecen el devenir de las ciencias; sin embargo, Pomposo [4] explica que:

*La información, a final de cuentas, se justifica como tal en la percepción que tenemos de la realidad; la formación de nuestros juicios acerca de todo se lleva a cabo por medio de la información que poseemos de ese todo. Si no es así, los juicios carecerán de estructura e, independientemente de su veracidad, no serán capaces ni siquiera de confrontarse con otros tipos de pensamiento u otras formas de juicio.*

Sumado a esto se puede referir que la complejidad rompe con los esquemas tradicionales de la ciencia, continúa su diálogo al resaltar que:

*Lo que se manifiesta como la complejidad, y el carácter irreversible del tiempo. No es de extrañarse que ante esta perspectiva no sean pocos los hombres de ciencia que se molesten, por no decir que se enerven y crispen abiertamente, en actitud francamente beligerante, en lugar de promover una sana crítica y debate que dé cabida a todas las formas de pensamiento [4].*

Las ciencias no pueden seguir contemplando brechas desiguales del conocimiento, tampoco debe continuar con el hecho clásico de determinar que es viable y que no, que se estudia y que no, aún más, que desde la academia se coarte el conocimiento y las formas de pensamiento; pero las contiendas de la complejidad continúan al desvirtuar que [...] *quienes trabajan pensamiento complejo y no precisamente ciencias de la complejidad, la de la comunidad de sistémicos, y finalmente la de quienes no conocen a profundidad de qué se trata cuando se habla de ciencias de la complejidad[...]* [2].

A pesar de este planteamiento, Morin [5] refiere en su obra un discurso claro y humano declarando: *la apuesta teórica que hago, en este trabajo, es que el conocimiento de lo que es organización podría transformarse en el principio organizado del conocimiento que articularía lo disjunto y complejizaría lo simplificado*. Esto quiere decir que el conocimiento puede transformarse, replantearse y redescubrirse; luego, ¿Cuál es el propósito que tienen aquellos que se dedican a la ciencia? ¿Cuáles fueron los devenires que forjaron las principales revoluciones científicas?

Por otra parte, aquellos que trabajan el pensamiento complejo podrían aludir aquella cita que expone Morin [6]: *el paraguas de cientificidad que me cubre no me inmuniza. Mi vía, como toda vía está amenazada por el error [...]*, después de todo también es necesario cuestionar al igual que Morin [5]: *¿Cómo es que la ciencia sigue siendo incapaz de concebirse como praxis social? ¿Cómo es que los científicos son incapaces de concebir el vínculo entre la investigación desinteresada y la investigación de interés?* o desde cuándo los investigadores, se convierten en el foco de conocimiento, los únicos que pueden desarrollar ciencia, de hacer uso de los métodos clásicos y recalcar las teorías fundamentales en su actuar.

No obstante, el concepto de lo complejo se *complica* desde el punto de vista del sujeto, mientras para unos es una circunstancia que se sale del rango de la cientificidad, para otros, *es complejo aquello que no puede resumirse en una palabra maestra, aquello que no puede retrotraerse a una ley, aquello que no puede reducirse a una idea simple* [1].

Después de todo, no solo se pretende argumentar este diálogo-debate con una visión unificada del discurso que Morin maneja de maravilla, también se puede recopilar argumentos tales como; *la complejidad, no ya como propiedad de la naturaleza sino como sinónimo de la naturaleza misma, es lo que figura en la mira de todo el conocimiento humano* [4].

En realidad, lo complejo no resumirse deliberantemente como un concepto netamente *complejo*, si la complejidad se pudiera definir desde la percepción simple, de seguro tomaría un lugar en la típica simplicidad. No obstante Maldonado [2] replica una vez más atestiguando:

*que son las ciencias de la complejidad a fin de aclarar, precisamente qué se entiende por complejidad y cómo y por qué razón el estudio de los fenómenos y sistemas caracterizados por complejidad es un problema y qué se sigue de ello.*

La complejidad difiere de muchas condiciones tradicionales del discurso clientelista, la complejidad plantea grandes problemas desde su misma definición, y precisamente es quien intenta profundizar y explicar el contexto de la complejidad, por ejemplo, [4] considera que:

*ese conocimiento, a diferencia del que experimentan a sus diversos niveles todos los seres notocordados, es discursivo, es decir, que posee semántica y semiótica, se ve sometido a exigencias sintácticas y ortográficas, juega con las conexiones y con las rupturas entre símbolos e imágenes.*

Hay que mencionar que el debate va mucho más allá al abordar el uso del método en las ciencias de la complejidad, pues ... *complejo se asimila como un rasgo positivo o favorable de los fenómenos, frente a lo*

*cual conceptos como simple, reduccionista, determinista o lineal adquieren una significación negativa, peyorativa o criticable [2].*

Por el contrario, se debe romper con el paradigma de la complejidad, cuando se habla del concepto *complejo* no se debe relacionar netamente con algo difícil o complicado, la complejidad crea una invitación a desarrollar diálogos y a vislumbrar la realidad, así como Salazar y Rivera [7] lo enuncian, *al considerarse como un pensamiento capaz de dialogar y negociar con lo real.*

Simultáneamente, el diálogo-debate se orienta a re-debatir el contexto del uso del método en las ciencias complejas y en el pensamiento complejo; *ya desde el primer volumen del Método, [6] introduce la necesidad de concebir o de desarrollar un nuevo método, distinto al de la ciencia clásica, el cual es designado por Morin esencialmente como un anti - método [8].* El denominado anti-método debe ser contemplado desde lo establecido como:

*El método no puede formarse más que durante la búsqueda; no puede despejarse y formularse más que después, en el momento en que el término vuelve a ser un nuevo punto de partida, esta vez dotado de método. Nietzsche lo sabía: los métodos vienen al final [5].*

El pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad se establecen también desde la concepción metodológica o del método, algo similar sucede desde la filosofía con el método cartesiano que basa su quehacer en el dogma y el paradigma; es en este último que el pensamiento complejo hace hincapié pues, no se trata de obedecer al principio de orden (excluyendo el desorden), de claridad (excluyendo lo oscuro), de distinción (excluyendo adherencias, participaciones y comunicaciones), de disyunción (excluyendo el sujeto, la antinomia, la complejidad) es decir, un principio que una la ciencia a la simplificación lógica. [5]

Por el contrario, cuando se habla de complejidad se quiere partir desde lo que se encuentra disjunto, pareciera que existirá una constante en lograr el conocimiento científico a través de la adopción de posturas centralizadas, tales como lo describen Salazar y Rivera [7]:

- *El desconocimiento absoluto de reconocer al ser humano como uno más de los seres vivos, biológicamente constituido y que ha sorteado benévolamente los procesos de la selección natural.*
- *La adopción de todo principio y método mensurable y cuantificable, a fin de presentarse en igualdad a las ciencias duras.*

Habrá que decir también que pareciera que fuera estrictamente necesario formular una regla que se encaje forzosamente al desafío de la complejidad, mientras que por otro lado la misma complejidad no cae en la ambición del pensamiento simple de controlar y dominar lo real.

Otro rasgo que se debe abordar en el proceso metodológico del pensamiento complejo es que el mismo se cimienta desde el método no clásico, dando una crítica a las metodologías tradicionales, Rodríguez y Aguirre [9], quienes afirman que el pensamiento complejo, *se apuesta a constituirse como la estrategia de conocimiento de un sujeto quien construye y redefine su estrategia de conocimiento conforme se desarrolla el proceso cognoscitivo.*

Siendo así el pensamiento complejo se construye desde el denominado *anti-método* en la base investigativa relacional y representa a su vez el esfuerzo epistemológico, con una tendencia heterarquica y con disyunción hacia el antagonismo complementario entre contrarios:

*El anti-método que fundamenta la investigación relacional propone la comprensión y el acogimiento de cinco conjunciones, El método trazado por Edgar Morin [6] es de tipo relacional-complejo y difiere ampliamente del cartesianismo, el cual separa y establece una disyunción entre el fenómeno y el conocimiento.*

Al mismo tiempo el anti-método se encuentra el conocimiento relacional y complejo, caracterizado por cuestionar las diversas formas clásicas del saber; El anti-método incluye otras formas del conocer y saber, al no perseguir despiadadamente al error, sino que aprehende de esos detalles y eventualidades a favor de una oportunidad para la reformulación y limita el papel de la ciencia como un desarrollo insular y compartimentado [6].

Para visualizar esta concepción se traza la siguiente imagen que describe la analogía que existe entre el método y la investigación relacional, así como los cambios que se desencadenan y los principios que buscan, integran y religan las formas de contemplar el anti-método, así como se evidencia en la Figura 1.

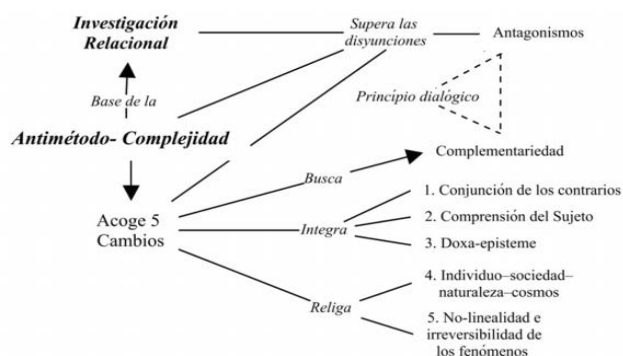


Figura1. Anti-método en la complejidad [10]

No obstante Maldonado [2] se permite cuestionar sobre *Como se observa fácilmente, a la pregunta: ¿qué hace que los fenómenos sean o se vuelvan complejos?, las ciencias de la complejidad no aportan una única respuesta.* Precisamente, esta pregunta debe ser objetada desde el marco de la normalidad de la vida cotidiana, porque cuando se habla de lo normal se determina *lo complejo* pareciera que no se puede dar una respuesta concreta sobre un asunto común; *es decir, que cuando llega la noción de Complejidad, no es por una victoria del conocimiento, es por una incapacidad del conocimiento* [3].

En consecuencia de lo señalado con anterioridad se puede tener una panorámica amplia de la complejidad y de su ejercer en las ciencias, además e posible cerrar este primer diálogo-debate con la reflexión que un nuevo paradigma no brota por el proceso creativo de los académicos o de los hombre y mujeres que ejercen cualquier tipo de ciencia; el conocimiento surge desde la incapacidad de explicar o entender un contexto determinado, además de la necesidad de abordar y resolver los problemas que surgen o han surgido en la historia.

Para concluir este primer dialogo-debate, el pensamiento complejo no se puede encerrar en un recuadro de conocimiento, tampoco se puede definir desde el enfoque simplista o aún más cuestionar la praxis en la que se fundamenta, pues esto solamente se convierte en el común denominador de lo que rodea al mundo de las ciencias; por último a pesar de todo lo que se aborda en este diálogo-debate, se concluye con la cita de Maldonado [2] *luego de esto se debe resaltar que las ciencias de la complejidad constituyen una auténtica revolución científica.*

Lo que permite crear opiniones desde diferentes iniciativas, tales como que en este tercer milenio y en el marco de una sociedad globalizada que se desarrolla en un concepto posmoderno y complejo que crea nuevos modelos y teorías científicas , que da valor a la revolución científico-tecnológica que analiza los cambios profundos de la sociedad y la complejidad que trae consigo, por último Morin [5] *infiere que cada verdadera revolución paradigmática se efectúa en condiciones lógicamente imposibles, pero así ha nacido la vida, así ha nacido el mundo, en condiciones prácticamente imposibles.*

### 3.2 Entender las teorías de la complejidad un diálogo por comenzar

El siguiente diálogo-debate se formula desde la representación de cómo se encuentran estructuradas las Teorías de la complejidad, sus distribuciones, la forma como estas se adaptan al contexto problema, la irrupción del paradigma de la complejidad y la propuesta que trae consigo el pensamiento complejo, en el mundo científico moderno, genera un replanteamiento de saberes y los fundamentos mismos de la racionalidad occidental.

El pensamiento complejo se ha encargado de cuestionar el concepto de Ciencia, además de la validación de la construcción de saberes y aprendizajes, pues la nueva era demanda nuevas teorías; aun así, se presentan argumentos como los que da Maldonado [11] quien argumenta: *Quiero sostener que, sin embargo, los dos*

*problemas fundamentales en el estudio de la complejidad son: 1) el problema de la medición de la complejidad, y 2) la elaboración de una teoría general de la complejidad.* Es entonces cuando se debe abordar las dos características planteadas con anterioridad por Maldonado [11] de la siguiente forma:

*Punto a: el problema de la medición de la complejidad. Desde la concepción de Anderson, quien sostiene que lo importante no es tanto medir la complejidad como hacer algo con respecto a ella.*

Sin embargo, el planteamiento anterior es refutado y tiene semejanza con la afirmación de Maldonado [11] pues Rodríguez y Aguirre [9] refieren que *la concepción de la forma teórica del pensamiento complejo y de las ciencias de la complejidad genera dudas.* Sumado a esto se sugiere que *no existe una única medición de complejidad ni una única definición de complejidad* [11].

Es entonces desde estos puntos de partida que se requiere comprender la complejidad desde un fenómeno que continúa siendo subjetivo, ya que no existe una manera concreta para medirla. A pesar de los esfuerzos de algunos investigadores para trabajar en el diseño de algoritmos para medir la complejidad, una teoría reconocida se refiere a crear una medida de aleatoriedad que tiene algo en común con la entropía de Shannon; pero, la búsqueda de medidas que permitan cuantificar la complejidad vincula de un modo la teoría de sistemas dinámicos, pues permite crear herramientas que generen una medida lógica para valga la redundancia *medir* la complejidad de cualquier sistema; desde los estudiosos de la complejidad estos métodos no parecen realistas y se ha eliminado de los objetivos científicos; es el caso de los sistemas dinámicos complejos que por su misma naturaleza diversa en comportamientos diferentes, no es viable intentar encasillar una medición de todos los sistemas bajo una misma metodología de cuantificación; dejando claro que esta asimetría en la interacción de los sistemas es lo que genera gran fascinación e interés.

Es preciso señalar que Morin [3] determina que *la complejidad es mucho más una noción lógica que una noción cuantitativa*; entonces, se debe reflexionar desde la visión multidisciplinar, y desafiar la concepción cuantitativa que desafien los modelos de cálculo; a fin de explorar otras estructuras disciplinares; pues las redes del conocimiento, se encuentran entretrejidas en diversos componentes; la complejidad permite entender *las rupturas y sobresaltos propios de la complejidad fenoménica del mundo, un mundo y un universo en el cual resulta imposible pensar fenómenos complejos con principios simples* [6]:

*Punto b: la elaboración de una teoría general de la complejidad [...] por el contrario, las ciencias de la complejidad, pese a sus avances tecnológicos instrumentales de punta, están enraizadas en una epistemología pobre, estrecha y limitada, que impide conectar de modo explícito el saber científico, con la filosofía, la política, la ética y la vida.*

Teniendo en cuenta lo anterior es ineludible establecer una serie de bosquejos que equilibren la balanza, por ejemplo, el pensamiento complejo tiene una propuesta política y ética, que sin lugar a duda fórmula como principal problemática el dominio de occidente y su imposición de herramientas metodológicas dentro de la ciencia; pero *el pensamiento complejo puede brindar el campo reflexivo necesario para desarrollar un marco epistémico inclusivo de valores éticos y políticos conformes a las necesidades y desafíos de las comunidades sociales, locales, nacionales, regionales y planetaria* [9].

Adicional a esto la complejidad consigue ser vista como una forma emergente de pensamiento, que abre las puertas a un nuevo paradigma, a una estrategia diferente de hacer y entender la ciencia, rompiendo los criterios metodológicos, sin fronteras del conocimiento, tiempo o espacio; la complejidad parte desde los principios asociatividad, organización, orden, desorden, descentralización, etcétera; mientras que la ciencia *moderna* sigue varada en mecanicismo, el reduccionismo y el determinismo, que deja de lado los mismos factores externos, aquellos que nombran *indefinibles o complejos*.

A pesar de esto y para dar profundidad y continuar con el segundo diálogo-debate se precisa sobre [...] *las posibilidades de formulación y elaboración de una teoría general de la complejidad* [11]. Es claro que los sistemas y comportamientos caracterizados por una complejidad creciente son los de la determinación de una medida de la complejidad, y la formulación de las teorías generales; de acuerdo con [6]:

*Una teoría no puede considerarse a sí misma la dueña absoluta del conocimiento, pues gran parte de su labor es permitir el desarrollo de mejores y novedosas formas de conocer, para lo cual crea, relaciona e integra diversos puntos de partida, con el fin de construir mejores vías de comprensión de los fenómenos.*



En este sentido, establecer una teoría unificada, visible y simplificada, de seguro permitiría abordar la complejidad y los problemas que trata desde lo primario o básico; pero de seguro no permitiría que se hiciera visible, cognoscitivo y cognoscible, además de conceptualizar desde el observador la construcción de conocimientos desde la complejidad, se olvidaría lo multidimensional y el sentir de lo estudiado.

Pero, Maldonado [11] afirma que *no existe, hasta la fecha, una teoría general de los sistemas complejos* empero Morin [5] responde desde la sinceridad que trae el estudio de una cosmovisión alterna a lo tradicional *entendámonos: no busco aquí ni el conocimiento general ni la teoría unitaria.*

Rechazar un conocimiento general siempre será lo más difícil de construir y escalar el mismo, además que esto genera la posibilidad de reconocer la idea principal y oponer resistencia, crear y creer que las cosas se puedan hacer diferente; además la afirmación anteriormente referenciada puede verse contrastada con el siguiente texto:

*El estructuralismo comete el exceso, al considerar que su discurso es el único posible, de pensar que se puede conocer el mundo sin formar parte de él. Su apuesta es muy interesante y hasta es realizable si fuera posible sustraerse a la flecha del tiempo. Sin embargo, de facto, no es así, el hombre no puede quedar fuera del plano que investiga o, de otra manera, ¿quién investiga? Siempre, inevitablemente, los verbos que empleamos para expresar el pensamiento o para formular juicios, suponen un pronombre personal [4].*

Es de considerar que para que no hay nada más fácil que explicar algo difícil a partir de premisas simples admitidas a la vez por el que habla y el que escucha, nada más simple que perseguir un razonamiento sutil por los rieles que incluyen los mismos cambios de carril y los mismos sistemas de señales.

Los científicos mal llamados duros, tradicionalistas, han empezado a reflexionar sobre la existencia de multidimensiones que aparecen cuando se apartan las visiones mecanicistas y reduccionistas del universo, pero cuando a esta situación se asume el conocimiento epistemológico del pensamiento complejo que es caótico pero que permite contemplar las posibilidades de la explicación de la realidad desde otra visión, es allí cuando cobra relevancia y sentido, esto mismo sucede con la Teoría General de Sistemas quien es considerada la figura visible epistémica de la complejidad.

El esbozo visto desde la figura de la Teoría General de Sistemas y la Complejidad se propone que la realidad debe ser vista como un gran sistema con las partes que la conforman y de las interacciones entre los trozos que crean una realidad distinta, semejante a la de una gran red. Por lo cual, el observador debe superar la visión fragmentada, y que esta no es la única realidad que contempla, sino que pueden existir en muchas formas posibles. Y es ahí donde la complejidad y cuando la TGS ayuda a construir nuevos modelos y formas alternativas de una epistemología.

Para concluir este diálogo-debate la civilización occidental moderna estableció verdades absolutas y creyó tener el conocimiento absoluto, a pesar de las constantes revoluciones científicas y tecnológicas y una excusa fundamentada desde la razón instrumental del hombre, han segado visiones, sin embargo, poco a poco estas concepciones se han derrumbado y han logrado abrir el espacio a los nuevos modos de pensar, de sentir, de actuar y vivir en el mundo.

Ahora se tiene en la mira el *sujeto complejo* lo que genera un cambio fundamental e irreversible, otra forma de entender el mundo, lo que lo conforma, con quien interactúa y quien lo rodea; véase también los cambios mundiales se presentaron a finales del siglo XX y principios del XXI estos han sido la roca para esculpir en las transformaciones de la forma para observar que implica pasar de la búsqueda de las certezas que dan seguridad al sujeto concreto, a la aceptación de la incertidumbre que propicia lo complejo que induce a la inseguridad y al temor; del destino fijo y manifiesto, ahora la historia, tiene la función de reconocer que existen métodos múltiples y complejos; que limitan el sesgo de la mirada diversa e inquisitiva.

Es en este nuevo camino donde se busca encontrar una opción diferente de ver e interpretar la realidad, profundamente unidos al mundo en una interacción compleja y multidimensional. El reto es encontrar el reto de cambiar la forma de abrir los ojos, de entender y explicar una realidad compleja desde nuevos horizontes.

La teoría del Pensamiento Complejo o de la complejidad ponen de manifiesto la necesidad de desarrollar una estrategia de reflexividad, lo que permite conectar las diferentes perspectivas o planos de la realidad. Esto, a su vez, condesciende que se tengan opiniones bien formadas sobre la información que se recibe, además de poseer una concepción epistémica alternativa al tradicional modo de entender la ciencia y el conocimiento. Su estrategia metodológica se distancia del concepto estándar de método científico, conjuntamente el pensamiento complejo no se debe encasillar en las mismas relaciones conceptuales de la ciencia tradicional; estructurar el pensamiento complejo es coartar la oportunidad de descubrir o abordar temas olvidados, ignorados o supeditados.

### 3.3 Comprender la complejidad y el pensamiento sistémico

El último diálogo-debate recopilará la paradoja en la que se encuentra la complejidad al ser considerada su fundamentación epistémica desde el pensamiento sistémico; por ejemplo, Maldonado [8] describe que *es cierto que este camino de o hacia la complejidad no se denomina a sí mismo como complejidad, sino más propiamente como pensamiento sistémico*.

Sin embargo, el pensamiento sistémico es descrito como la percepción que tiene el Ser del mundo que lo rodea, en términos totales en su análisis, actuar y comprensión; el pensamiento sistémico nace a partir de los cuestionamientos que desde el campo de la Biología hizo Ludwig Von Bertalanffy, quien por primera vez se permite cuestionar el uso del método científico en los problemas básicos de Biología, Bertalanffy afirmaba que el método era mecanicista y causal, además que no le permitía dar una explicación a los grandes problemas que se dan en los sistemas vivos; una de las conceptualizaciones epistemológicamente más sólidas de sistemas complejos por ejemplo *se concibe a los sistemas complejos como totalidades organizadas compuestas por elementos no separables que logra dar una proyección amplia de la complejidad* [12].

Autores como Rodríguez y Aguirre [9] plantean que el pensamiento complejo *está animado por una tensión permanente entre la aspiración a un saber no parcelado, no dividido, no reduccionista, y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto*, esto debe ser lo prioritario al entender el pensamiento complejo, pues no pretende aislar ni simplificar las partes de un todo; sumado a esto, quien estudie pensamiento complejo debe generar una transformación conceptual y olvidar lo aprendido, no con el fin de discriminar lo ya recordado, sino para transitar hacia el descentramiento de los saberes, al optar por asumir una visión *policéntrica y polisistémica de la organización en todos sus niveles que tome en cuenta el valor de la relación entre caos, orden y organización* [7].

Aun así, se encuentran disertaciones como *no es gratuito que el pensamiento complejo se desarrolle en la forma misma de pensamiento sistémico, tanto menos cuanto que el problema fundamental que constituye el eje del pensamiento* [8]; entonces es de precisar que el pensamiento complejo pretende crear un marco epistemológico que abarque los campos del conocimiento científico y que este pueda ser relacionado con otras formas de conocimiento no científico, además del engranaje con la filosofía, el arte y demás campos del saber; entonces también se puede decir que *la complejidad complementa y supera la simplificación que aísla, o sea que oculta el relacionismo consustancial al sistema [...] redifica, es decir, oculta la relatividad de las nociones de sistema, subsistema, suprasistema [...] diluye la organización y el sistema* [6].

Habría también que decir que una de las principales estrategias metodológicas que pretende el estudio de las ciencias de la complejidad reside en la modelización y simulación computacional de sistemas complejos; pero, sería una gran equivocación pensar que en la modelización se pueda justificar toda solución epistémica de la complejidad; pues a lo largo de los seis volúmenes de El método no hay ninguna referencia explícita a las teorías y métodos de modelización de los sistemas complejos, la obra de Edgar Morin no ha integrado aquellos desarrollos teóricos, metodológicos y técnicos; pero se debe señalar que los modelos basados en agentes no son la única metodología para la modelización de sistemas complejos, sin embargo es una de las que más se ha desarrollado en el campo de las ciencias sociales. También cabe mencionar que *otras técnicas de modelización como, por ejemplo, los autómatas celulares, las redes booleanas, las redes neuronales adaptativas, las redes libres de escalas, los algoritmos genéticos* [13].

Pero es inequívoco creer que, *por prejuicio o ignorancia, estas metodologías y técnicas no pueden ayudarnos a mejorar la construcción de teoría y el conocimiento de la complejidad organizada propia de nuestras ciencias* [9]. También se debe estudiar con lupa y desde una mirada crítica el reduccionismo y el holismo, pues estos no permiten dar a conocer en su totalidad el escenario ni las partes que lo componen; *motivo por el cual, complejidad y simplicidad logran religarse, conversar o vincularse dialógicamente al desistir a toda acción direccionada a distinguir, ponderar, someter o fragmentar la realidad que está siendo investigada* [7].

Mientras que la versión holística del contexto global sigue concentrada en la separación de los actores y componentes, sin revelar por completo los devenires del conocimiento. El diálogo-debate continúa al manifestar que *la dificultad consiste, entonces en lo siguiente: si tal es, manifiestamente, el orden y el modo mismo de lo real, ¿cómo acceder a esa visión – ¡sistémica! – del universo?* [8].

Precisamente el factor divergente del pensamiento complejo radica en la forma metodológica con la que ve las ciencias; aun así, *la modelización y simulación de sistemas complejos, constituye una tercera vía de hacer ciencia, distinta y complementaria a la deducción y la inducción* [9].

Morin [1] también indica que la complejidad es el desafío, no la respuesta y que su búsqueda se orienta a (...) *pensar trascendiendo la complicación (... inter-retroacciones innumbrables), incertidumbres y (...) contradicciones (...) en principio, la idea de complejidad incluye la imperfección, porque incluye la incertidumbre y el reconocimiento de lo irreductible (...) la simplificación es necesaria, pero debe ser relativizada.*

Pues bien, los detractores desarrollan argumentos tales, *como quiera que sea, la complejidad no trata de absolutamente todos los fenómenos del mundo, sino, se concentra en una fracción, bien determinada. Esa fracción es la de los sistemas dinámicos* [8].

La consideración va en contra vía de la afirmación anterior, el pensamiento complejo y su ejercer contempla que no debe haber exterminio del todo por las partes, para poder explicar un fenómeno; por el contrario, el pensamiento complejo, vincula las partes y establece que estas deben ser concebidas en función del todo, pero, una parte tiene su propia irreductibilidad en relación con el sistema.

Además, hay que conocer las cualidades de las partes que están inhibidas, virtualizadas y son por tanto invisibles en el seno del sistema, no solo para conocer correctamente las partes, sino también para conocer mejor los constreñimientos, inhibiciones y transformaciones que opera la organización del todo [6].

#### 4. CONCLUSIONES

La complejidad desarrollará favoritismo y detractores, por ejemplo:

*El problema genérico de la complejidad es, por tanto, el de explicar el mundo, y esa es una tarea eminentemente científica, esto es, epistémica. Desde este punto de vista, es claro que la complejidad es ciencia, pero no en el sentido tradicional o clásico de la palabra, un sentido que por lo demás tan solo prevalece para la conciencia no científica o no filosófica, puesto que es un hecho ya reconocido ampliamente entre la comunidad académica que la ciencia es a la manera de la complejidad* [8].

Pero se puede finalizar este diálogo de debate al contrarrestar diciendo que el *hecho que el pensamiento complejo sea el producto de un solo autor, no invalida su propuesta o planteamiento, pero tampoco los exime de la crítica* [9].

Por otro lado, las ciencias de la complejidad componen la perspectiva hegemónica o dominante dentro del campo de las ciencias, logrando que cada vez se determine mayor interés en la producción de conocimiento en desde una concepción del pensamiento complejo; la complejidad también se introduce, en el terreno de las ciencias, desde una racionalidad postclásica que abre y enlaza los problemas ignorados o vedados por el pensamiento científico moderno; *estos problemas involucran, en un sentido no exhaustivo, cuestiones relativas al desorden, el caos, la no-linealidad, el no-equilibrio, la indecibilidad, la incertidumbre, la contradicción, el azar, la temporalidad, la emergencia, la auto-organización* [9].

El conceso es determinado desde el discernimiento de que el sistema es una *totalidad organizada, hecha de elementos solidarios que no pueden ser definidos más que los unos con relación a los otros en función de su lugar en esa totalidad* [6], es decir, que el sistema es el carácter fenoménico y global que crea interrelaciones para lograr la organización del sistema; *el sistema es unidad global constituida por partes diversas interrelacionadas, pero no es elemental ni originario, sino original ya que cuenta con cualidades propias e irreductibles, pero debe ser producido, construido, organizado* [6].

El paradigma de la complejidad resulta más integrador que excluyente de la simplicidad, en cuyo caso la complejidad no se reduce a la suma de ideologías o disciplinas con sus diversos objetos y objetivos de estudio, sin caer en un holismo indeterminado, sino que contempla que todo existe, pero también existen las partes de ese todo.

Para finalizar, el campo de estudios modernos de complejidad se encuentra dividido en dos concepciones distintas y, posiblemente, antagónicas: el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad. Cada una de ellas reclama la pertinencia y legitimidad de un determinado modo de entender la complejidad y las ciencias de la complejidad brindan herramientas magníficas para abordar de modo concreto el estudio de fenómenos complejos como la auto-organización, la emergencia, la no-linealidad, etc., pero esto no determina y enmarca el pensamiento complejo en un sillón estático imposible de comprender o modificar.

## REFERENCIAS

- [1] Morín E. (1990). Introducción al Pensamiento Complejo. Gedisa.
- [2] Maldonado C. (2009). La Complejidad es un problema, no una cosmovisión. UCM Revista de investigación, 42-54.
- [3] Morin E. (2008). Pensando la complejidad. Gedisa.
- [4] Pomposo S. (2015). La conciencia de la ciencia un juego complejo. Alfa.
- [5] Morín E. (1981). El método 1. El espíritu del valle. Ediciones Cátedra.
- [6] Morin E. (1997). El método. Gedisa.
- [7] Salazar J. y Rivera R. (2019). La investigación una perspectiva relacional. Fundación Universitaria Andina.
- [8] Maldonado C. (1999). Esbozo de la filosofía de la lógica de la complejidad. Omega.
- [9] Rodríguez L. y Aguirre J. (2011). Teorías de la complejidad y ciencias sociales, Nuevas estrategias Epistemológicas y Metodológicas. Nómadas.
- [10] Max M. (2004). Fundamentos de la transdisciplinariedad. Universidad Astral de Chile.
- [11] Maldonado C. (2007). El problema de una teoría general de la complejidad. Ciencia, pensamiento y aplicaciones, 101-132.
- [12] García R. (2006). Conceptos método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Gedisa.
- [13] Zoya L. et al. (2015). Pensamiento complejo y ciencias de la complejidad. Argumentos.

# Obtención de bioelastómeros para uso en construcción a partir de la cáscara de piña

Karen Andrea Torrado Verjel<sup>1</sup>

Paula Andrea Mendoza Rojas<sup>2</sup>

Helber Mauricio Camargo Barrera<sup>3</sup>

*Universidad de Santander, Colombia*

Entre los diferentes problemas ambientales de la actualidad se encuentra la inadecuada gestión y el desaprovechamiento de los residuos sólidos, y una alternativa para solucionarlo es utilizar la cáscara de la piña, de la cual podrían crearse nuevos materiales eco-amigables. Para determinar si esto es o no viable se hace necesario realizar la caracterización fisicoquímica, analizar de qué está compuesta, sus comportamientos como elemento orgánico biodegradable, describir detalladamente la realización del proceso, medir turbiedad, color, acidez por titulación, punto de ebullición, humedad, sólidos suspendidos totales, grados Brix, tamizaje por mallas, análisis del hongo degradante de la cáscara a la intemperie y PH. En la actualidad, se adelantan pruebas mecánicas como resistencia a la tracción, compresión e impacto, así como pruebas de deformabilidad, fluencia y termofluencia.

---

<sup>1</sup> Especialista en gerencia de proyectos. Contacto: [ka.torrado@mail.udes.edu.co](mailto:ka.torrado@mail.udes.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera ambiental. Contacto: [buc14311046@mail.udes.edu.co](mailto:buc14311046@mail.udes.edu.co)

<sup>3</sup> Tecnólogo en supervisión de obras civiles. Contacto: [hel.camargo@mail.udes.edu.co](mailto:hel.camargo@mail.udes.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Más que un reto, reducir la huella de carbono en la actualidad se ha convertido en un compromiso a fin de preservar nuestro final nos acarrea graves consecuencias en calentamiento global. Afortunadamente la parte científica ya ha iniciado con proyectos para reemplazar el plástico con productos de origen orgánico dando paso a los denominados bioplásticos, en los numerosos proyectos que se adelantan, la industria de la construcción puede ser un factor clave, dado que representa una cantidad enorme de materiales que pueden ser sustituidos o transformados con productos a base de bioplástico, como ladrillos, aparatos eléctricos, plásticos de un solo uso como lo son los plásticos negros destinados a cubrir material, materiales para recubrimientos en terminaciones y acabados, entre otros [1-3].

Pero no todo es color de rosa, si bien es cierto que para lograr reducir la huella de carbono todos debemos esforzarnos, la parte económica juega un papel muy importante en la rama de la construcción, tal es el caso de que siempre se ha intentado optimizar recursos y materiales para dar con un precio final que pueda ser competitivo en el mercado y de esta manera las constructoras puedan mantenerse activas y ofrecer al cliente final un precio asequible, hoy por hoy, los productos a base de material orgánico en la construcción son de costo elevado a comparación de los productos a base material sintético, siendo la industrialización de estos productos y la oferta y demanda las principales causas de que los materiales orgánicos no sean el producto preferido por el constructor [4].

Ahora bien, hablando específicamente de los bioplásticos, más allá de proyectos de investigación no hay informes sobre productos que se estén fabricando para la rama de la construcción, pero son proyectos que llenan de esperanza al sector de la construcción para que en un futuro cercano podamos contribuir al cuidado de nuestro planeta [5].

La *Ananas Comosus*, más conocida como piña, pertenece a la familia Bromeliaceae del género Ananas y es endémica de América, especialmente en el Sur. El primer país en masificarla y exportarla fue Costa Rica y su forma es cilíndrica y gruesa con un aproximado de 30 cm de largo y 15 cm de diámetro [6, 7].

Actualmente, la cáscara de piña se considera un residuo sólido que, al tener una inadecuada gestión de disposición final, representa focos de contaminación en entornos de la comunidad, porque en su proceso de degradación genera hongos, emisión de gases, proliferación de vectores y malos olores [8, 9].

La caracterización en la web de la cáscara de la piña, describe sus propiedades como alto contenido en fibra, magnesio y bromelina, enzima que ayuda en la digestión y a reducir la inflamación mediante la eliminación de toxinas en el cuerpo, funcionando, así como un diurético natural. Debido a estas propiedades, se toma agua de cáscara de piña en ayunas ayudando al estómago en absorber mejor los nutrientes y con ello, reducir el riesgo de contraer problemas como artritis, sinusitis, hinchazón abdominal o molestias en la garganta [10, 11].

También es usada para el cuidado del cuerpo, se consume ayudando a hidratar el organismo con una influencia directa en el cuidado de la piel, previniendo el envejecimiento ya que posee acción antioxidante en sus componentes, y cómo método para bajar de peso [12]. Lo cual quiere decir que después de extraer los componentes nutricionales de la cáscara, ésta se desecha a los residuos no aprovechables llegando finalmente al relleno sanitario.

Los residuos generados por la piña además de la cáscara son: El corazón, la corona y las hojas de la cosecha. De estos residuos se encuentran innovaciones como; elaboración de artesanías, alimento para rumiantes, fabricación de papel, fabricación de cuero, hilo, entre otros. De la cáscara de la piña aún no hay un uso diferente a las infusiones con fines digestivos [13-15].

En Colombia existen aproximadamente 32.700 hectáreas sembradas de piña con las variedades Perolera, MD2 (Oro Miel), Manzana, Cayena lisa. En el departamento de Santander se producen aproximadamente 506040 toneladas de piña al año, si el 34,05% de la fruta es cáscara, equivalen a 172306 toneladas [16, 17].

Entre los componentes principales de la cáscara están la Hemicelulosa, es un polisacárido no celulósico, que permite la fermentación y los materiales lignocelulósicos, que se encuentran en la biomasa vegetal y que permiten la obtención de productos sustentables y no contaminantes [18].

Dada la producción que se tiene de material y teniendo en cuenta que el sector de la construcción en Colombia es uno de los que mayor contaminación produce, el cual según cifras entregadas por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible genera el 30% del CO<sub>2</sub> y el 40% de los residuos [19]. Por eso es de suma importancia el buscar alternativas sostenibles, que permitan reducir la huella de carbono que deja nuestro sector civil, contribuyendo con la preservación del medio ambiente. En el biopolímero que se encuentra en desarrollo, encontramos una alternativa favorable y con un gran potencial en diferentes aspectos relacionados con la construcción [20].

## 2. MÉTODO

El Design Thinking es una metodología de trabajo, que permite crear ideas las cuales se utilizan para solucionar problemas por medio de la innovación convirtiéndolos en proyectos, productos, servicios o áreas. Con el fin de poder ser empleado y útil cómo estrategia para nuevos diseños. Debe ser claro para quien lo lea y si se desea, pueda ser replicada la metodología [21]. A continuación, se describen las cuatro etapas que permitieron el desarrollo de la investigación.

1. *Definir*: La problemática, revisión teórica de soluciones ya existentes con el residuo, fuentes confiables.
2. *Idear*: Pruebas y análisis fisicoquímicos necesarios para determinar la caracterización.
3. *Prototipar*: Solicitud de los equipos, elementos, reactivos y químicos necesarios para la ejecución de los análisis. Diseño de los montajes para realizar las pruebas de caracterización. Extracción del jugo de la cáscara.
4. *Probar*: Realizar los montajes y posteriormente las pruebas de caracterización, utilizando el jugo extraído. Y de la cáscara triturada y seca. Analizar los resultados teniendo en cuenta los cambios del jugo al estar expuesto al ambiente ya que al ser orgánico presenta cambios bruscos en tiempo corto; como fermentación y generación de hongos.

En las Figura 1 y 2 se describe la metodología implementada para el desarrollo de este trabajo investigativo basado en la metodología Design Thinking [22].

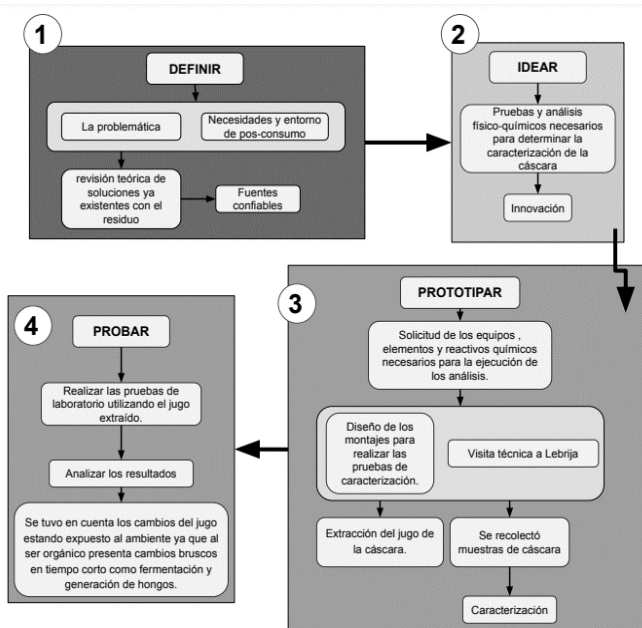


Figura 1. Metodología Design Thinking implementada

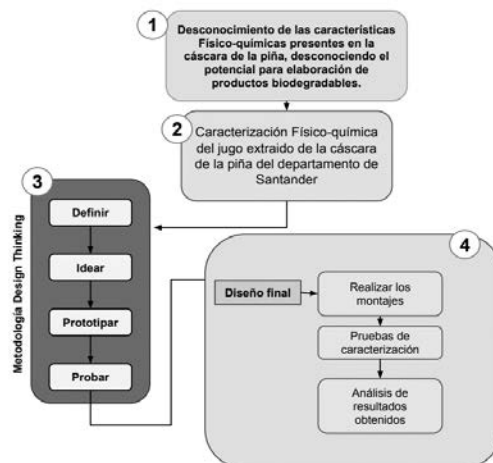


Figura 2. Metodología de trabajo implementada



### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Esquema general de obtención del bioelastomero a partir de la cáscara de piña a nivel de laboratorio

En la Figura 3 se muestran las etapas involucradas: inicialmente se procede a la remoción de la cáscara, luego se debe reducir de tamaños mediante trituración y corte, enseguida se extruye la cáscara triturada, luego se realiza un secado al aire libre hasta obtener un bagazo seco el cual se procede a poner en contacto con insumos que le van dando consistencia y viscosidad. Los residuos sólidos de la separación cáscara/líquido se procede a su descomposición con aeración constante hasta consistencia y apariencia de abono.

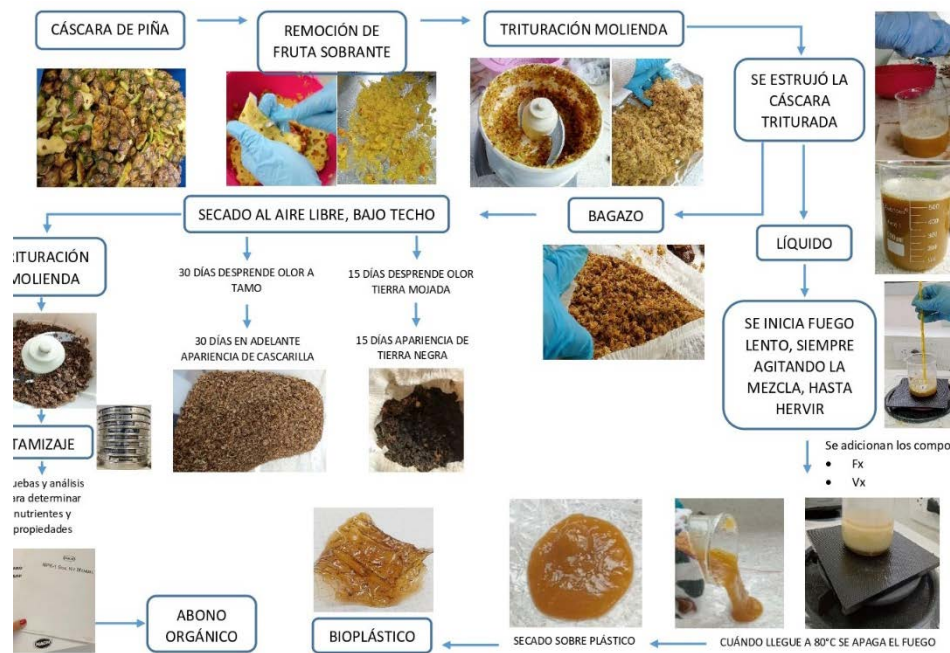


Figura 3. Flujograma de obtención de bioelastomero a partir de cáscara de piña a nivel de laboratorio

En la Figura 4 se presenta de manera general la materia prima, los productos intermedios y el producto final. Se aprecia la variedad de piña denominada oro miel y la variedad perolera, también se ve las cáscaras secas, además se puede observar los bioelastómeros obtenidos y el abono que contiene propiedades y características consistentes.



Figura 4. Materia prima, productos intermedios y producto final obtenido

#### 3.2 Tipos de bioelastómeros obtenido a partir de cáscara de piña

La Figura 5 muestran las diversas formas, texturas y tamaños obtenidos que, actualmente, se encuentran en pruebas mecánicas basadas en normas ASTM D3039.

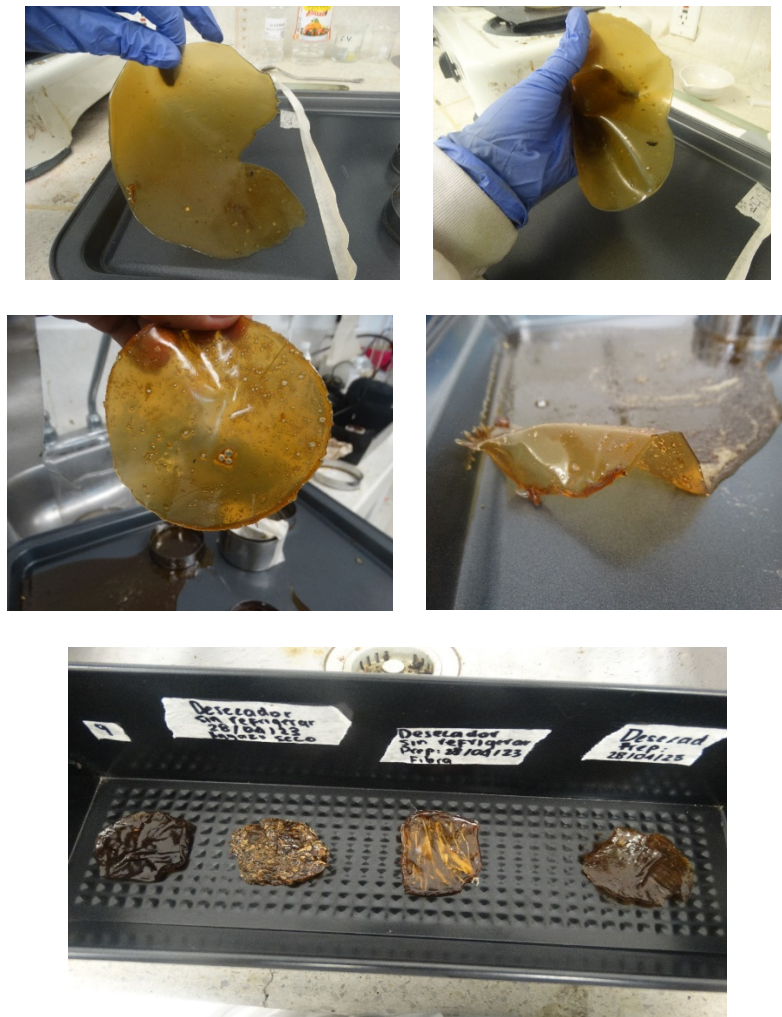


Figura 5. Formas, texturas y tamaños de bioelástomeros obtenido a partir de la cáscara de piña

#### 4. CONCLUSIONES

- El producto obtenido a nivel de laboratorio presenta unas características de bioelastomero, al respecto se Cuenta con un procedimiento, operaciones, procesos y variables en un flujoograma.
- Las pruebas de resistencia mecánica, dureza, deformación y otras, basadas en normas ASTM, se están desarrollando en laboratorios normalizados.
- Es posible inferir que estos productos pueden tener aplicabilidad en productos empleados en construcción civil como puede ser en la aplicación de recubrimientos de espacios, para terminaciones, en la elaboración de elementos de diseño arquitectónico, en la elaboración de paneles divisores de espacios, como aditivo de pinturas que las haga más fuertes e impermeables.
- Es necesario generar más pruebas al biopolimero que logren identificar más características de material para realizar nuevas alternativas de uso al material.

## REFERENCIAS

- [1] Ortega F. et al. (2021). Biobased composites from agro industrial wastes and by products. *Emergent Materials* 5, 873–921.
- [2] Li T. et al. (2014). Principales polifenólicos en cáscara de piña y sus interacciones antioxidantes. *Revista internacional de propiedades alimentarias* 17,1805–1817.
- [3] Saraswaty V. y Risdian C. (2017). Residuos de cáscara de piña como fuente potencial de compuestos antioxidantes. En Conferencia de la OIO.
- [4] Jalil N. et al. (2022). Physical and chemical characteristics of agricultural-plastic wastes for feasibility of solid fuel briquette production. *Sustainability* 14(15751), 1-13.
- [5] Yendry R. y Corrales U. (2018). Biogenic silica-based microparticles obtained as a sub-product of the nanocellulose extraction process from pineapple peels. *Scientific reports* 8(10417), 1-9.
- [6] Yuan G. et al. (2015). Physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of chitosan films containing carvacrol and pomegranate peel extract. *Molecules* 20, 11034-11045.
- [7] Pranav D. et al. (2017). Fruit peel waste: Characterization and its potential uses. *Current Science* 113(3), 1–11.
- [8] Gontard N. et al. (2018). A research challenge vision regarding management of agricultural waste in a circular bio-based economy. *Critical reviews in environmental science and technology* 48(6), 614–654.
- [9] Buxoo S. y Jeetah P. (2020). Feasibility of producing biodegradable disposable paper cup from pineapple peels, orange peels and Mauritian hemp leaves with beeswax coating. *SN Applied Sciences* 2(1359), 1-15.
- [10] Jatav J. et al. (2022). Assessment of antioxidant and antimicrobial property of polyphenol-rich chitosan-pineapple peel film. *Journal of Food Quality*, 1-10.
- [11] Maraveas C. (2020). Production of sustainable and biodegradable polymers from agricultural waste. *Polymers* 12(1127), 1–22.
- [12] Camacho M. y Regina V. (2017). Synthesis and characterization of nanocrystalline cellulose derived from pineapple peel residues. *J. Renew. Mater* 5, 1–9.
- [13] Pathak P. y Kulkarni D. (2017). Fruit peel waste: Characterization and its potential uses. *Current Science* 113(3), 444–454.
- [14] Vargas M. et al. (2019). Caracterización de la biomasa de piña (*Ananas comosus*) y su valoración en la propagación micelial del hongo shiitake (*Lentinula edodes*). *Yulök Revista de Innovación Académica*, 13–27.
- [15] Balamaze J. y Wambet J. (2017). Production of good quality wine from single and mixture of fruit peels. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.* 17(1), 11822-11831.
- [16] Owoeye T. y Akinlabu D. (2022). Phytochemical constituents and proximate analysis of dry pineapple peels. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- [17] Serrano S. et al. (2018). El papel de los hongos degradadores de celulosa presente en el bagazo de caña de azúcar como alternativa industrial en la producción de Bioetanol de segunda generación. *Microciencia Investigación, Desarrollo e innovación* 7, 45–55.
- [18] Morocho M. y Flores L. (2021). Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada. *Dom. Cien.* 7(4), 623–637.
- [19] Díaz A. et al. (2021). Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación* 12(1), 97–106.
- [20] Sibaja B. et al. (1988). Caracterización química de algunos desechos agroindustriales en Costa Rica. *Uniciencia* 5(1-2), 27–32.
- [21] López M. et al. (2014). Meta-análisis de los subproductos de piña (*ananas comosus*) para la alimentación animal. *Agron. Mesoam.* 25(2), 383–392.
- [22] Cruz R. y Mendoza A. (2011). Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioethanol. *Afinidad LXVIII*(551), 38–43.

# Introducción a la inteligencia de mercados de los biopolímeros naturales: Caso de bioelastómeros a partir de la cáscara de piña

Pablo Andrés Pérez Gutiérrez<sup>1</sup>

Paula Andrea Mendoza Rojas<sup>2</sup>

Walter Pardavé Livia<sup>3</sup>

*Universidad de Santander, Colombia*

El departamento de Santander es el mayor productor de diferentes variedades del fruto de la piña en Colombia, con algo más de 378000 toneladas producidas a 2020, y los municipios de Lebrija y Villanueva tienen una alta representatividad en dicha producción. Se presenta el estado del arte sobre la inteligencia de mercados de los biopolímeros naturales, en particular de los derivados de los residuos orgánicos, como es el caso de las cáscaras de piña, que tienen un amplio potencial para desarrollar bioelastómeros, o como se conocen comúnmente, bioplásticos. Inicialmente se establece la caracterización y la realización de pruebas preliminares de la elaboración de un bioelastómero en diferentes estados a partir de las cáscaras de piña, y luego se observa el mejor resultado al momento de disponerlas en una compostera, controlando aspectos como humedad, temperatura y grado de acidez pH. Posteriormente, se analiza cuál de las mezclas es la más óptima en el proceso de biodegradabilidad y de interacción con el medio ambiente y, por último, se propone un proceso de producción de dicho biopolímero, ofreciendo un enfoque de proyección de inteligencia de mercados para la comercialización de los mismos. Esta propuesta surge de una problemática vigente con los plásticos de un solo uso, y como una posibilidad de emplear las cáscaras de piña como insumo principal para la elaboración de biopolímeros, que en la actualidad se consideran residuos sólidos.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial y Magíster en Administración. Contacto: [pab.perez@mail.udes.edu.co](mailto:pab.perez@mail.udes.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera Ambiental. Contacto: [buc14311046@mail.udes.edu.co](mailto:buc14311046@mail.udes.edu.co)

<sup>3</sup> Magíster en Ingeniería. Contacto: [wa.pardave@mail.udes.edu.co](mailto:wa.pardave@mail.udes.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica y el Caribe se estima un consumo anual de cerca de veinticuatro millones de toneladas anuales de plásticos, también cada año a nivel mundial se usan quinientos millones de bolsas plásticas, mientras que cada minuto se compran un millón de botellas de plástico [1]. Según Naciones Unidas, en la última década se produjo más plástico que en todo el siglo pasado; por lo tanto, esta misma organización reconoce a los bioplásticos como una alternativa sostenible a los plásticos comunes, los de un solo uso, sugiriendo la sustitución de polímeros convencionales no biodegradables por polímeros biodegradables de base biológica [2].

Para la FAO [3] los plásticos en la actividad agrícola representan una amenaza para los seres humanos y los ecosistemas, contaminando las tierras empleadas para el cultivo de alimentos. Dicho organismo internacional advierte que los altos niveles de contaminación por plásticos se presentan en cantidades mayores que los entornos marítimos. Por lo tanto, los bioplásticos, biodegradables y provenientes de fuentes renovables, suponen ser una medida para la reducción al problema de los desechos plásticos contaminantes que están ahogando al planeta y desde luego contaminando el medio ambiente [4].

El mercado de los bioplásticos en la actualidad pasa por un buen momento, experimentando un continuo crecimiento desde los últimos años, aunque aún sigue representando menos de 1% respecto a la producción de plásticos convencionales [5]; desde luego, el mercado tuvo un impacto positivo a raíz de la situación de pandemia por el Covid-19 desde el año 2020, que en medio de la situación de confinamiento, se aumentó la demanda de envases flexibles para productos de uso personal, sanitario, farmacéuticos, alimentos y bebidas [6].

Los bioplásticos como productos para construir una bioeconomía circular sólida es la estrategia sostenible en Europa, ya que este continente, desde hace tiempo, apoya activamente el desarrollo de estos materiales mediante investigaciones ambiciosas y colaborativas que pretenden lograr una mayor aplicación práctica, y así, ayudar a transformar la industria de los plásticos de Europa y con expansión comercial a todos los continentes del planeta [7].

El dominio del mercado europeo por los bioplásticos es cada vez más creciente debido a la demanda de países como Alemania, Francia, Italia y Reino Unido, en donde Italia lidera el mercado en la producción de bioplásticos y biodegradables, con un gran número de pequeñas y medianas empresas que participan en su producción. Sin embargo, en términos de consumo, el país se perfila como el segundo mercado más grande de la región, después de Alemania [6].

El panorama competitivo en la producción de bioplásticos tiene algunos jugadores clave en el continente europeo en los que se incluyen compañías tales como Braskem, Novamont SpA, NatureWorks LLC, BASF SE e Indorama Ventures Public Company Limited, solo por nombrar algunas. Por lo tanto, a continuación, se detallan algunas particularidades de las dinámicas empresariales y estratégicas de estas u otras compañías representativas de origen europeo.

Novamont, una empresa italiana, se creó en 1990 con sus raíces en la Escuela de Ciencia de Materiales de Montedison, especializada en materias primas renovables, para integrar la química, la agricultura y el medio ambiente. Novamont es pionera y líder europea en el sector de los biopolímeros. Con sus tecnologías patentadas, produce una gama de materiales procedentes del almidón, la celulosa, los aceites vegetales y sus combinaciones; se comercializan bajo el nombre comercial de Mater-Bi. Mater-Bi se caracteriza por sus propiedades de biodegradabilidad, computabilidad y su alto contenido en materias primas renovables.

Con sede en Milán, Novamont está presente en el Reino Unido, Alemania, Francia y Estados Unidos y opera a través de sus propios distribuidores en Benelux, Escandinavia, China, Japón, Canadá, Australia y Nueva Zelanda. Las aplicaciones de los biopolímeros de Novamont se extienden a múltiples industrias, como las de envases, vajillas desechables, agricultura, cosméticos, etc. De hecho, Novamont produjo toda la vajilla biodegradable para los Juegos Olímpicos de 2012.

Con sede en los Países Bajos, Avantium lidera la transición de la industria química a los productos químicos y polímeros renovables. Avantium Tecnología YXY puede convertir los azúcares de origen vegetal en PEF, un biopolímero seguro, estable y 100% reciclable, con una rápida degradación en la naturaleza, para evitar su futura acumulación. Avantium es un gran ejemplo de comercialización de productos únicos basados en plantas y sostenibles, al asociarse con grandes empresas industriales. Son actualmente se asocian con Alpla, The Coca-Cola Company TCCC y Danone para desarrollar las botellas de PEF de base biológica 100%. Además, Avantium ha recibido recientemente 1,3 millones de euros para sus tecnologías Dawn y Mekong de la empresa común de industrias de base biológica BBI en el marco del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea, es solo cuestión de tiempo que más marcas afines y empresas de transformación de plásticos se unan a Avantium para desafiar el statu quo de los materiales fabricados industrialmente en la actualidad.

Por otro lado, Sulapac es una empresa finlandesa fundada en 2016 por dos bioquímicos, esta compañía tiene como objetivo establecer un sustituto ecológico de los materiales de envasado de plástico de un solo uso, sin comprometer la calidad y la vida útil de los alimentos y otros productos. Fabrican un plástico alternativo completamente biodegradable y libre de microplásticos con potencial para superar incluso otras alternativas sostenibles existentes. Sus materiales, procedentes de bosques nórdicos cultivados de forma sostenible, poseen una excelente velocidad de biodegradación y propiedades de barrera, aunque con una menor huella de dióxido de carbono.

El objetivo de Sulapac es reunir a marcas, fabricantes y personas en un círculo de bien, fieles a ello, ya se han asociado con Naviter, una empresa familiar de rápido crecimiento que desarrolla y fabrica en Helsinki productos innovadores para el cuidado de la piel y el cabello. También están extendiendo sus alas hacia la industria alimentaria con Fazer una empresa familiar internacional que ofrece productos alimentarios de calidad. Con un nuevo producto en preparación (biodegradable marino Paja Sulapac), Sulapac ingresa como competidor fuerte en el mercado europeo. Gracias a la financiación del Horizonte 2020 de la UEE, en la actualidad espera optimizar la receta y los revestimientos de barrera para las industrias de la cosmética y la alimentación de gran volumen, solicitar los certificados necesarios, realizar pruebas piloto con clientes y crear un modelo de licencia.

Se realizó una evaluación de tres técnicas para la estandarización de procesos, se evaluaron sus características y a partir de ello se seleccionó la que mejor se adecúa al proceso de elaboración de bioelastómeros a partir de la cascara de la piña.

## 2. MÉTODO

Esta investigación se estructuró en ocho fases fundamentales que permitieron alcanzar los resultados:

1. *Fase 1. Estudio de Antecedentes y Revisión Bibliográfica.* El trabajo de revisión bibliográfica es una etapa esencial de cualquier proyecto de investigación, donde se debe asegurar que la información que se obtenga sea la más relevante sobre el campo de estudio. Por ello, se realizó una documentación bibliográfica por medio de material informativo como: estudios, libros, informes de trabajo y de investigación, artículos que apoyen el presente proyecto.
2. *Fase 2. Estudios de Referencias.* En esta parte se realizó un estudio de referencias en relación a temas de mercadeo de los bioelastómeros, bioplásticos y biopolímeros derivados de residuos orgánicos y en particular de las cáscaras de frutas.
3. *Fase 3. Trabajo de Campo y Muestreo de Materia Prima.* Para esto se programaron recorridos de campo del cultivo de la piña en Lebrija-Santander, con el fin de recolectar la información primaria necesaria, que se registró en planillas, en este caso se llevaron también muestras aleatorias de unidades de piña.
4. *Fase 4. Obtención de Bioelastómero a partir de la Cáscara de la Piña.* Esta etapa permite describir las actividades, operaciones, procesos con sus respectivas variables para lograr un material que reúna propiedades de biopolímeros y con la definición de un esquema general.

5. *Fase 5. Variables de Mercadeo de los Biolastómeros.* Durante esta etapa, se presentan las diferentes estrategias de mercadeo para biopolímeros a partir de diversos residuos orgánicos.
6. *Fase 6. Estandarización del Proceso de Producción.* En esta etapa, las técnicas para la estandarización del proceso de producción se hacen indispensable analizar para luego seleccionar la que se adecúe al producto final de biopolímeros.
7. *Fase 7. Análisis y Discusión de Resultados.* Análisis de los resultados obtenidos en las operaciones y procesos y obtención de los productos, así como en las estrategias de mercadeo de estos nuevos materiales.
8. *Fase 8. Informe Final.* Presentación de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación a través del informe final enfocado a la inteligencia de mercados para estos nuevos productos con material biodegradable.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Muestreo y recolección de material prima

El proyecto se realiza caracterizando las cáscaras de la piña de manera fisicoquímica, con los resultados se diseñan mezclas con insumos biodegradables usando cómo materia prima la cáscara, en varias presentaciones; ya sea el jugo exprimido, el polvillo bajo malla #200, seca a la intemperie, seca en horno. Se busca encontrar una mezcla optima que sea biodegradable con el fin de remplazar los plásticos de un solo uso. Midiendo propiedades mecánicas y analizando su viabilidad.

Se midió la turbiedad del jugo, humedad de sedimentos y de la cáscara seca, solidos suspendidos totales del jugo, color, grados Brix, tamizaje por mallas de la cáscara triturada, acidez por titulación del jugo, análisis del hongo que degrada la cascara a la intemperie, pH del jugo. Con el fin de analizarlos y encontrar un uso físico o propiedades que le permitan ser alternativa a productos existentes que estén generando problemática ambiental en la actualidad. Cuando se tenga una mezcla definida, se realizará la respectiva prueba de biodegradabilidad.

En las mezclas realizadas se ha utilizado el jugo exprimido de la cáscara, quedando cómo residuo el bagazo. Con el paso de los días al secarse dicho bagazo, mostró desprendimiento de olor similar a tierra mojada o abono, por lo tanto, se están realizando pruebas de suelo en disolución acuosa, para medir la concentración que pueda tener de Hidrogeno, potasio, carbono entre otros componentes que le den la característica de abono orgánico (Figuras 1 a 3).



Figura 1. Cultivo de la piña en Lebrija-Santander



Figura 2. Aprendizaje sobre el cultivo



Figura 3. Visita cultivo de la piña en Lebrija-Santander

### 3.2 Disponibilidad anual de la piña en Colombia

La *ananas comosus*, más conocida como la piña, pertenece a la familia Bromeliaceae, del género Ananas. Es endémica de América, especialmente del Sur, el primer país en masificarla y exportarla fue Costa Rica. Su forma es cilíndrica y gruesa con un aproximado de 30 cm de largo y 15 cm de diámetro y la cáscara es considerada un residuo sólido, el cual, al tener una inadecuada gestión de disposición final, representa focos de contaminación en diferentes entornos de la comunidad ya que en su proceso de degradación genera hongos, emisión de gases, proliferación de vectores y malos olores.

La caracterización en la web de la cáscara de la piña, describe sus propiedades como alto contenido en fibra, magnesio y bromelina, enzima que ayuda en la digestión y a reducir la inflamación mediante la eliminación de toxinas en el cuerpo, funcionando, así como un diurético natural.

Debido a estas propiedades, se toma agua de cáscara de la piña en ayunas ayudando al estómago en absorber mejor los nutrientes y con ello, reducir el riesgo de contraer problemas como artritis, sinusitis, hinchazón abdominal o molestias en la garganta, también es usada para el cuidado del cuerpo, se consume ayudando a hidratar el organismo con una influencia directa en el cuidado de la piel, previniendo el envejecimiento ya que posee acción antioxidante en sus componentes, y como método para bajar de peso. Lo cual quiere decir que después de extraer los componentes nutricionales de la cáscara, ésta se desecha a los residuos no aprovechables llegando finalmente al relleno sanitario.

Los residuos generados por la piña además de la cáscara son: el corazón, la corona y las hojas de la cosecha, de estos residuos se encuentran innovaciones como, por ejemplo, la elaboración de artesanías, alimento para rumiantes, fabricación de papel, fabricación de cuero, hilo, entre otros. De la cáscara de la piña aún no hay ningún uso diferente a las infusiones con fines digestivos.

En Colombia existen aproximadamente 32.700 hectáreas sembradas de piña con las variedades Perolera, MD2 (Oro Miel), Manzana, Cayena lisa. En Santander se están produciendo aproximadamente 506.040 toneladas de piña al año, si el 34,05% de la fruta es cáscara, equivalen a 172.306 Toneladas. Entre los componentes principales de la cáscara están la Hemicelulosa que es un polisacárido no celulósico, que permite la fermentación y los materiales lignocelulósicos que se encuentran en la biomasa vegetal, estos permiten la obtención de productos sustentables y no contaminantes. En la Tabla 1 se muestra la disponibilidad de piña durante el año.

Tabla 1. Meses de disponibilidad anual de piña en Colombia

Alta	Enero, febrero, junio y diciembre
Media	Marzo, abril, mayo, julio y agosto
Baja	Septiembre, octubre y noviembre

### 3.3 Procedimiento de obtención de bioelástomero a partir de cascara de piña a nivel de laboratorio

Se recolectó la muestra de los residuos de la cáscara de piña, en un establecimiento comercial ubicado en el municipio de Bucaramanga, hace parte de la variedad de piña denominada PEROLERA, se peló en el establecimiento y se transportó hasta el laboratorio en bolsa plástica. Se realizó la caracterización al día siguiente de la recepción.



A continuación, se describen los pasos para obtención de elastómero a nivel de laboratorio con jugos de la cascara de piña:

1. Se tomó la muestra recolectada y se seleccionó la más sana, luego con una cucharilla metálica se retiró el exceso de fruta adherido a la cascara (Figuras 4 y 5).



**Figura 4.** Selección de la cáscara más sana y pareja. **Figura 5.** Cáscara seleccionada

2. Con la cáscara libre de fruta, se procedió a triturarla y tomar las diferentes muestras que fueron, exprimirla almacenando ese jugo, recoger la cáscara exprimida y dejarla secar. Del jugo que se extrajo, se dejó reposar y se observó formación de sedimento el cual también fue muestra de estudio (Figuras 6 a 10).



**Figura 6.** Recepción de la piña



**Figura 7.** Pesado de la cáscara seleccionada y arreglada



**Figura 8.** Trituración de la cáscara en la picatodo



Figura 9. Cáscara triturada



Figura 10. Cáscara triturada y seleccionada para muestreo

### 3.4 Mezclas para seleccionar la más adecuada para la obtención del bioelástomero

- *Mezcla #1* = 10 gr almidón de Yuca, 20 ml vinagre y 50 ml jugo de cáscara de piña.  
Se mezcló el vinagre y el almidón de yuca formando un líquido blanco. Luego se adicionó esa mezcla al jugo de la cáscara, agitando hasta formar un líquido homogéneo. Se puso a hervir el líquido obtenido, hasta llegar a 80-85°C donde empezó a formar burbujas y verse más denso. Al estar en ese punto, se retiró del fuego mientras se siguió agitando, se dejó reposar aproximadamente 1 minuto y se puso en una lámina de papel aluminio, se dejó secar a la intemperie.
- *Mezcla #2* = 10 gr almidón de Yuca, 20 ml vinagre y 50 ml jugo de cáscara de piña.  
Se mezcló el vinagre y el almidón de yuca formando un líquido blanco. Se puso a hervir el jugo de la cascara hasta llegar a 80-85°C donde empezó a formar burbujas, verse más denso y formar una especie de melado (agitando en todo momento). Al estar en ese punto, se retiró del fuego mientras se siguió agitando, se dejó reposar aproximadamente 1 minuto. Luego se adicionó la mezcla preparada previamente al jugo, agitando hasta formar una pasta homogénea (moco gelatinoso) la cual se puso nuevamente a fuego lento hasta lograr mayor espesor. Se retiró del fuego se dejó reposar por 2 minutos y se vertió en una lámina de papel aluminio dejándolo secar a la intemperie.
- *Mezcla #3* = 20 gr almidón de Yuca, 10 ml vinagre y 10 ml jugo de cáscara de piña.  
Se mezcló el vinagre, el almidón de yuca y el jugo de la cáscara, hasta homogenizarlo. Se puso a hervir la mezcla por 5 minutos a fuego lento hasta llegar a 80-85°C donde empezó a formar burbujas, verse más denso y formar una especie de melado. Al estar en ese punto, se retiró del fuego mientras se siguió agitando, se dejó reposar aproximadamente 2 minutos y se vertió en una lámina plástica, dejándolo secar a la intemperie (pastoso blanco).
- *Mezcla #4* = 5 gr almidón de Yuca, 20 ml vinagre y 80 ml jugo de cáscara de piña.  
Se mezcló diluyendo bien el almidón de Yuca y el vinagre. Se puso a hervir el jugo de la cascara hasta llegar a 80-85°C hasta que empezó a formar burbujas y verse más denso. se retiró del fuego y se dejó reposar aproximadamente 2 minutos, luego se mezcló todo y se puso a hervir. Se retiró del fuego mientras se siguió agitando, se dejó reposar aproximadamente 2 minutos y se vertió en una lámina plástica, dejándolo secar a la intemperie.
- *Mezcla #5* = 5 gr almidón de Yuca, 20 ml vinagre y 80 ml jugo de cáscara de piña.  
Se tomó el restante de la mezcla #4 y se puso a hervir durante 3 minutos más, Se retiró del fuego mientras se siguió agitando, se dejó reposar aproximadamente 2 minutos y se vertió en una lámina plástica, dejándolo secar a la intemperie.

- *Mezcla #6* = 15 gr almidón de Yuca, 20 ml vinagre y 60 ml jugo de cascara de piña.  
Se mezcló el almidón con el vinagre. Luego se puso a hervir el jugo de la cascara hasta llegar a 80-85°C hasta que empezó a formar burbujas y verse más denso. se retiró del fuego y se dejó reposar aproximadamente 2 minutos, luego se mezcló todo y se puso a hervir nuevamente. Se retiró del fuego mientras se siguió agitando, se dejó reposar aproximadamente 2 minutos y se vertió en una lámina plástica, dejándolo secar a la intemperie.
- *Mezcla #7* = 12 gr almidón de Yuca, 20 ml vinagre y 80 ml jugo de cáscara de piña.  
A la mezcla #4 se le agregaron 7gr de almidón quedando un total de 12 gr. Ya que la mezcla #5 que fue dejar más tiempo al fuego la mezcla, pero no se logró espesar más. Al añadir el almidón se esperó que el grosor y espesor aumentara. Se agregó en frio y se puso a hervir. textura moco.
- *Mezcla #8* = 20 gr almidón de Yuca, 20 ml vinagre y 60 ml jugo de cascara de piña.  
Al restante de la mezcla #6 se le agregó 5 gr de almidón de yuca. Se agregó mientras la mezcla se encontraba sobre fuego, agitando constantemente.
- *Mezcla #9* = 17 gr almidón de Yuca, 20 ml vinagre y 80 ml jugo de cascara de piña.  
Al restante de la mezcla #7 se le agregó 5 gr de almidón de yuca. Se agregó mientras la mezcla se encontraba sobre fuego, agitando constantemente.

En la Figura 11 se muestra, a modo de ejemplo, una lámina del bioelástomero que en la actualidad está siendo sometido a pruebas mecánicas basada en normas ASTM.



**Figura 11.** Lámina de bioelástomero obtenida a nivel de laboratorio

### 3.5 Técnicas de estandarización de procesos para la producción de bioelastómeros

La estandarización de procesos tiene sus inicios en el siglo XIX donde la innovación técnica floreció y surgieron grandes sumas de inventos mecánicos relevantes para los procesos modernos por lo que se puede apreciar claramente la relación entre los avances tecnológicos y la estandarización [8]. Según el Productivity Press Development Team se establece que es un proceso que implica definir el estándar, informar el estándar, establecer la adhesión al estándar, propiciar una mejora continua del estándar, a continuación, serán nombradas algunas técnicas existentes para llevar a cabo la estandarización de un proceso para la fabricación de un producto.

Tras la caracterización de las mezclas más adecuadas para la obtención de bioelastómeros, se procedió a detallar las características de tres técnicas o métodos existentes para la estandarización de procesos, a través de la indagación bibliográfica, en donde, se analizaron los siguientes: Lean Manufacturing, Standard Operating Procedure y la Estandarización de Tiempos y Movimientos. En la Tabla 2 se presentan las particularidades de las mismas.

**Tabla 2.** Resumen de las técnicas de estandarización de procesos.




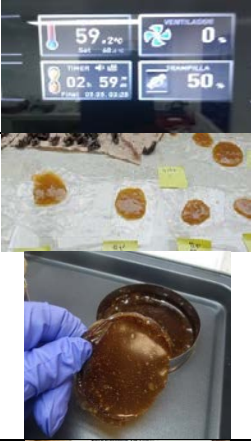


Técnica	Enfoque	Ventajas	Desventajas
Lean Manufacturing	Es un conjunto de técnicas enfocadas a mejorar y optimizar los procesos productivos en el ámbito industrial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción considerable en los tiempos de entrega de productos en proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desabastecimiento puntual del producto.</li> <li>▪ Problemas personal-dirección.</li> </ul>

	<p>El beneficio observado después de la implementación de la técnica de manufactura esbelta es la reducción del tiempo del ciclo, la eliminación de actividades no valoradas, el lugar de trabajo limpio, ordenado e higiénico. Además de esto habrá un flujo de producción sin problemas, aumento de la productividad y la reducción del costo de producción [9].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción en los gastos de producción.</li> <li>▪ Mejoras de la calidad del producto.</li> <li>▪ Control en los desperdicios del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Altos gastos durante su implementación.</li> </ul>
<p>Procedimiento Operativo Estandarizado POE</p>	<p>Su aplicación contribuye a garantizar el mantenimiento de los niveles de calidad y servicio y tiene como propósito, además de suministrar un registro que demuestre el control del proceso, minimizar o eliminar errores y riesgos en la inocuidad alimentaria y asegurar que la tarea sea realizada en forma segura. También, el procedimiento operativo estándar permite conjugar instrucciones que describe todos los pasos y actividades relevantes de un proceso o procedimiento [10].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento en el cumplimiento de la producción.</li> <li>▪ Estandarización de los procesos productivos.</li> <li>▪ Facilidad de centralización de la información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alta demanda en el tiempo y dinero para su desarrollo.</li> <li>▪ Disminución de la flexibilidad de recursos.</li> <li>▪ Adaptación y capacitación del personal.</li> </ul>
<p>Métodos y Tiempos</p>	<p>Es una herramienta la cual sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por parte de un operario para llevar a cabo dicha operación. Un óptimo grado de aprovechamiento y de productividad de las instalaciones y de las personas es el fin principal de dicha técnica [11].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.</li> <li>▪ Conservar los recursos y minimizar los costos.</li> <li>▪ Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de recursos energéticos.</li> <li>▪ Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.</li> <li>▪ Eliminar movimientos ineficientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es más apropiado el estudio de tiempo si el tiempo de ciclo de la operación es breve.</li> <li>▪ Si los trabajadores notan que están siendo observados pueden alterar su forma de trabajar habitual.</li> <li>▪ Se requiere mucho tiempo al pretender desplazarse por los diferentes puestos de trabajo manteniendo una aleatoriedad.</li> </ul>

Luego de analizar los tres métodos de estandarización de procesos, se seleccionó métodos y tiempos, ya que es apropiado para procesos productivos cortos y en donde se considera pertinente establecer el tiempo de cada operación involucrado a la hora de la elaboración paso a paso de un determinado producto. Por lo tanto, la elaboración de bioelastómeros a base de las cáscaras de piña se convierte en algo novedoso y este método propende por la estandarización de los procesos que permita la obtención del producto final añadiendo tiempo para su evaluación a posteriori. El flujograma del proceso de elaboración de los bioelastómeros se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Resumen de las técnicas de estandarización de procesos.

Símbolo	Procedimiento	Imagen	Descripción
	Almacenamiento		Se reciben y se almacenan las cáscaras de la piña.
	Remoción		Se procede a realizar la remoción de la fruta sobrante adherida a las cáscaras de la piña.
	Triturado		Se realiza la trituración o molienda de las cáscaras de la piña en licuadora, esto se debe hacer en seco, sin añadir ningún porcentaje de agua y añadiendo poca cantidad de cáscaras en la licuadora de manera que el triturado sea efectivo.

○	Separado		Posterior a la trituración de la cáscara de la fruta, se debe separar el <i>bagazo</i> o subproducto de la trituración del líquido o <i>lixiviado</i> de la cáscara. <i>Nota:</i> El bagazo obtenido en este punto procederá luego al proceso de secado por 30 días, en donde se realizan pruebas de tamizaje para convertirlo en abono orgánico.
○	Hervido del lixiviado		El lixiviado se hervirá agregando cantidades de fécula, glicerina y vinagre específicas para obtener diferentes mezclas.
○	Horneado		La mezcla hervida se coloca en un horno por 4 horas a 60°C para determinar el bioelastómero.
○	Secado		Luego de hornear la mezcla, la misma se coloca sobre un molde de plástico a temperatura ambiente para obtener un secado natural.
□	Inspección de calidad		Se revisa la textura, dureza y propiedades del bioelastómero registrando los resultados en una lista de chequeo.
▽	Almacenamiento		Se dispone de un estante los bioelastómeros obtenidos.

### 3.6 Análisis del mercado de bioelastómeros

En los últimos años el foco mundial en términos medioambientales ha estado en la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles por lo que ha llevado a un creciente interés en los materiales biodegradables y renovables [12]. Los bioelastómeros o bioplásticos, como se les conoce comúnmente, se han convertido en una alternativa prometedora a los plásticos convencionales debido a sus propiedades físicas y químicas similares, pero con menor impacto ambiental [13]. Por lo tanto, el análisis de inteligencia de mercados de los bioelastómeros se convierte en un aspecto esencial para comprender el panorama actual y futuro de esta industria que cada vez más crece principalmente en Europa expandiéndose por Latinoamérica.

Desde luego, el análisis de inteligencia de mercados de los bioelastómeros conlleva principalmente la recopilación, el procesamiento y la interpretación de datos relevantes a nivel local, regional, nacional y mundial para identificar las tendencias y oportunidades en el mercado, tanto de demanda como de oferta.

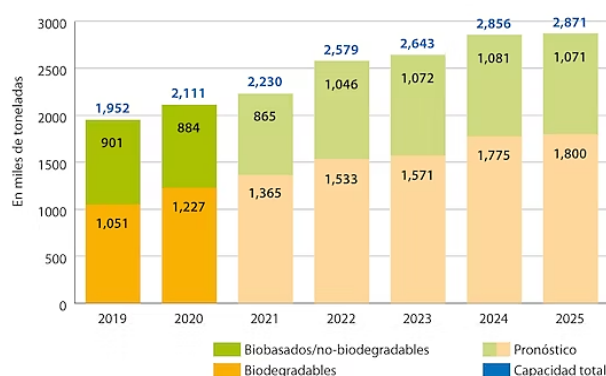
Es así, que, para llevar a cabo este análisis, se debe proponder por hacer uso de diversas fuentes de información, como informes de mercado a nivel mundial de compañías que tengan la experiencia, estudios de investigación, bases de datos especializadas y entrevistas con expertos de la industria.

Por ello, en este capítulo se analiza la inteligencia de mercados de los bioplásticos, destacando su relevancia y las tendencias actuales. Por ello, la creciente preocupación por el impacto ambiental de los plásticos tradicionales ha impulsado la demanda de bioplásticos en diversos sectores, como el embalaje, la agricultura, la automoción y la industria médica, además, que los bioelastómeros ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la creciente demanda de materiales sostenibles en diversas industrias, como la automotriz, la electrónica, la construcción, la manufacturera y la salud [14].

El análisis de mercado actual también revela que los bioelastómeros más comunes son el poliuretano termoplástico TPU, el políácido láctico PLA y el polihidroxialcanoato PHA, estos materiales están ganando popularidad debido a su capacidad para degradarse de forma natural, a su menor huella de carbono en comparación con los plásticos convencionales y su caracterización deseada con respecto a sus propiedades fisicomecánicas, térmicas y fisicoquímicas [15].

El análisis de la demanda, es la mayor preocupación por el impacto ambiental de los plásticos tradicionales que ha impulsado la demanda de bioplásticos en diversos sectores, por lo tanto, la inteligencia de mercados permite identificar las necesidades y preferencias de los consumidores, así como las regulaciones y políticas gubernamentales relacionadas con el uso de plásticos sostenibles. Además, se pueden analizar las tendencias de consumo y las proyecciones de crecimiento para estimar la demanda futura de bioplásticos, en donde ante la tendencia cada vez mayor de empresas por incorporar soluciones sustentables y una economía circular, se prevé que el mercado de bioplásticos y biopolímeros crezca hasta alcanzar un valor de 29,7 mil millones de dólares en 2026 [16].

En el análisis de la oferta, la inteligencia de mercados también es fundamental para comprender la oferta de bioplásticos, incluyendo los diferentes tipos de materiales utilizados, los procesos de fabricación y los actores clave en la industria. Para lo cual, se pueden analizar los avances tecnológicos y las innovaciones en la producción de bioplásticos, así como también la capacidad de producción y las estrategias de expansión de los fabricantes, permitiendo así evaluar la competitividad del mercado y identificar oportunidades de colaboración o adquisición de dichos productos [17]. Análisis recientes presentado en decimoquinta conferencia de European Bioplastics, pronostica un crecimiento de 36% en producción global durante los próximos 5 años, como se muestra en la Figura 12.



**Figura 12.** Capacidades de producción mundial de bioplásticos

Para el análisis de la competencia, la inteligencia de mercados ayuda a identificar a los competidores en el mercado de bioplásticos, analizando principalmente su posición frente a los demás, sus estrategias de marketing enfocado en lo digital, la cartera o catálogo de productos y las ventajas competitivas diferenciadoras de orden empresarial. Lo anterior permite a las empresas evaluar su posición relativa y desarrollar estrategias efectivas para diferenciarse en el mercado. Además, se permite identificar las barreras de entrada y los riesgos asociados, lo que ayuda a tomar decisiones informadas sobre la inversión en el sector de los bioplásticos [18].

En el mercado de los bioplásticos, existen varios competidores clave que ofrecen diferentes tipos de bioplásticos y tienen diferentes enfoques comerciales, algunos de los principales competidores en el mercado de los bioplásticos, se encuentran:

- NatureWorks: Uno de los principales fabricantes de bioplásticos que ofrece una amplia gama de productos, incluyendo el polímero PLA (ácido poliláctico), esta empresa se enfoca en la producción de bioplásticos a partir de fuentes renovables y ha invertido en tecnologías de fermentación y polimerización para mejorar la eficiencia y la calidad de sus productos.
- Braskem: Empresa brasileña que produce bioplásticos a partir de caña. Su producto más conocido a nivel mundial es el polietileno verde, que tiene las mismas propiedades que el polietileno convencional, pero con una huella de carbono mucho menor. Esta empresa se ha posicionado como un líder en el mercado de bioplásticos y ha establecido alianzas estratégicas con otras empresas para expandir su presencia global.
- BASF: Empresa química alemana que ha desarrollado bioplásticos a partir de fuentes renovables como el almidón de maíz. Su producto más destacado es el poliéster Ecoflex, que se utiliza en aplicaciones como envases y películas. Esta empresa se enfoca principalmente en la investigación y el desarrollo de nuevos materiales sostenibles quienes trabajan en colaboración con otras empresas y organizaciones para promover el uso de bioplásticos a nivel mundial.
- Arkema: Empresa francesa que produce bioplásticos a partir de aceites vegetales. Su producto más conocido es la poliamida Rilsan, que se utiliza en aplicaciones como automoción, electrónica y deportes. Arkema se ha centrado en la innovación y la mejora de las propiedades de sus bioplásticos para competir con los plásticos convencionales a nivel mundial.

Por último, el análisis de precios, fundamental en la inteligencia de mercados abarca el análisis de los precios de los bioplásticos, considerando factores como los costos de producción, la disponibilidad de materias primas, la demanda y la competencia. Lo anterior permite a las empresas establecer estrategias de fijación de precios que sean competitivas y rentables. Además, se pueden identificar oportunidades para reducir los costos de producción y mejorar la eficiencia en la cadena de suministro [6]. Por lo tanto, se espera que el escenario del mercado en la región impulse la demanda de bioplásticos durante el período de pronóstico, tal y como se muestra a continuación (Figura 13).



Figura 13. Mercado mundial de los bioplásticos

#### 4. CONCLUSIONES

La piña seca a la intemperie tiene un olor característico a abono ya que paso por un proceso completo de degradación con formación de hongos, emisión de gases y demás, mientras que la cáscara que se secó en horno por 20 horas tiene un olor dulce y bastante agradable. Ya que no sufrió dicho proceso y que el calor incrementa sus propiedades entre esas el olor.

De las 9 mezclas realizadas, solo una mostró resultados favorecedores, ya que presenta un porcentaje de resistencia y rigidez, asemejándose a las características del plástico. Se trabajarán nuevas mezclas tomando la #7 como base.

El análisis de las técnicas de estandarización de procesos, permitió establecer la técnica de Métodos y Tiempos como la adecuada para proponer el proceso productivo de los bioelastómeros a base de las cáscaras de la piña.

La inteligencia de mercados desempeña un papel primordial para comprender y aprovechar las oportunidades que ofrece el mercado global de los bioplásticos, permitiendo analizar la demanda y la oferta, evaluar la competencia y los precios, y desde luego, tomar decisiones informadas para impulsar el crecimiento y la sostenibilidad en este sector en constante evolución.

Desde luego, este proyecto propende no solo por lograr la elaboración de bioelastómeros, sino, además, a posteriori, propender por ser una unidad de negocio que se mantenga actualizada en términos tecnológicos y a través del aprovechamiento de la inteligencia de mercados estar mejor posicionadas para capitalizar las oportunidades y enfrentar los desafíos en el mercado de los bioplásticos.



## REFERENCIAS

- [1] Banco Mundial. (2023). ¿Una envoltura para cuidar la tierra? Recuperado: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/06/04/dia-medioambiente-plasticos-agro>
- [2] Matter. (2023). Las Naciones Unidas reconocen los bioplásticos como una alternativa sostenible al plástico común. Recuperado: <https://www.matter.ec/bioplasticos-alternativa-sostenible-al-plastico-comun>
- [3] Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). Salir del círculo vicioso del plástico en la agricultura. Recuperado: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1641159/>
- [4] Sostenibilidad para Todos. (2023). ¿Qué son los bioplásticos? Recuperado: [https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/que-son-los-bioplasticos/?\\_adin=02021864894](https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/que-son-los-bioplasticos/?_adin=02021864894)
- [5] AIMPLAS. (2023). Perspectivas de mercado de los bioplásticos. Recuperado: <https://www.aimplas.es/blog/perspectivas-de-mercado-de-los-bioplasticos/>
- [6] Mordor Intelligence. (2023). Mercado de bioplásticos: Crecimiento, tendencias, impacto de Covid-19 y pronóstico (2023-2028). Recuperado: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/bioplastics-market#:~:text=El%20tama%C3%B1o%20del%20mercado%20de,el%20COVID%2D19%20en%202020>
- [7] Comisión Europea. (2023). Los bioplásticos: Materiales sostenibles para construir una bioeconomía circular sólida en Europa. Recuperado: <https://cordis.europa.eu/article/id/400694-sustainable-materials-for-a-strong-and-circular-european-bio-economy/es>
- [8] Espíndola P. y Hernández G. (2020). Revisión de la literatura sobre la estandarización de procesos. *Academia Journals* 12(6), 6-12.
- [9] Palange A. y Pankaj D. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today* 46(1), 7-15.
- [10] IBM. (2023). Gestión de los procedimientos operativos estándar. Recuperado: <https://www.ibm.com/docs/es/ma-pmio/1.0.0?topic=framework-managing-standard-operating-procedures>
- [11] Itemsa. (2023). Estandarización del trabajo (Métodos y Tiempos). Recuperado: <https://www.grupoitemsa.com/estandarizacion-del-trabajo-metodos-y-tiempos/>
- [12] Saint-Gobain. (2023) ¿Cómo disminuir el consumo de combustibles fósiles? Recuperado: <https://www.saint-gobain.com.co/como-disminuir-el-consumo-de-combustibles-fosiles#:~:text=Te%20compartimos%20algunos%20tips.,suelen%20ser%20derivados%20del%20petr%C3%B3leo>
- [13] BBVA. (2023). ¿Son los bioplásticos una alternativa realmente sostenible? Recuperado: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/son-los-bioplasticos-una-alternativa-realmente-sostenible/>
- [14] Plástico.com. (2023). A pesar de difíciles condiciones del mercado, crece producción de polímeros biobasado. Recuperado: <https://www.plastico.com/es/noticias/pesar-de-dificiles-condiciones-del-mercado-crece-produccion-de-polimeros-biobasados>
- [15] Pulido F. et al. (2008). Elastómeros de poliuretano a partir de aceite de higuera y almidón de yuca modificado químicamente: síntesis y propiedades fisicoquímicas, físico-mecánicas y térmicas. *ION* 21(1), 134-150.
- [16] Reporte Industrial Mexicano. (2023). Bioplásticos, un mercado en crecimiento. Recuperado: <https://rim.com.mx/portal/noticias-detalle-alter/5062/Bioplasticos%20un%20mercado%20en%20crecimiento/Economia>
- [17] Mundo PMMI. (2020). Crece el mercado mundial de bioplásticos. Recuperado: <https://www.mundopmmi.com/empaque/sustentabilidad/articulo/21206447/crece-el-mercado-mundial-de-bioplasticos>
- [18] AIMPLAS. (2020). Perspectivas de mercado de los bioplásticos. Recuperado: <https://www.aimplas.es/blog/perspectivas-de-mercado-de-los-bioplasticos/>

# Perspectivas del espacio en clave de discapacidad: Aproximaciones desde el territorio a la relación invidente-vidente

Andrea del Pilar Arenas<sup>1</sup>

Gloria Esperanza Castellanos<sup>2</sup>

Juan Manuel Aldana<sup>3</sup>

Tito Lara Másmela<sup>4</sup>

*Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia*

Comprender el espacio desde su función social, trascendiendo los aspectos puramente físicos, es un tema de interés para las ciencias sociales y humanas que, cada vez, buscan entender a profundidad la dinámica de la estructura social desde aspectos materiales e inmateriales. Así, pretender un estudio del espacio con enfoque diferencial, pero integrador, es el propósito del ejercicio investigativo que se presenta en este capítulo, a través del cual se busca dar respuesta al interrogante: ¿cuál es la percepción de la relación socio-espacial en torno a la discapacidad visual de un grupo de invidentes y un grupo de videntes de la ciudad de Ibagué, Colombia? Se realizó una investigación cualitativa en la que, a partir de un muestreo de casos homogéneos y por conveniencia, se logró la participación voluntaria de diez personas con discapacidad visual vinculadas a la asociación de invidentes del Tolima y diez personas videntes. En coherencia con los objetivos se utilizó la encuesta social de percepción, abordando tres categorías de estudio: 1) el entorno material y las barreras estructurales, 2) las prácticas sociales, y 3) la condición de ciudadanía. Es importante mencionar que, por ser una investigación en curso, los resultados expuestos dan cuenta de la primera fase del proceso en la que participaron las personas invidentes. Los hallazgos muestran cómo los espacios que ofrece la ciudad realzan las barreras físicas y sociales que deben salvar los participantes para hacer parte de la estructura social, lo que indefectiblemente incide en sus prácticas sociales y la construcción y sostenimiento de una identidad colectiva, vista desde el déficit y la incapacidad. Por lo tanto, existe una relación directa entre entorno material, prácticas sociales y condición de ciudadanía frente al sentido y significado del espacio como escenario que promueve o limita la construcción social. Se evidencia una diferencia entre espacio físico y espacio representado en torno a la percepción de las personas con discapacidad visual, toda vez que, al estar diseñado desde la concepción tradicional del cuerpo normatizado, hace que las personas con esta discapacidad sean dependientes y, por tanto, vistas como sujetos de protección más que de derechos.

---

<sup>1</sup> Psicóloga, Especialista en gerencia de servicios de salud y Magíster en intervención social. Contacto: [andrea.arenas@unad.edu.co](mailto:andrea.arenas@unad.edu.co)

<sup>2</sup> Psicóloga, Especialista en talento humano y desarrollo organizacional y Magíster en educación y desarrollo humano. Contacto: [gloria.castellanos@unad.edu.co](mailto:gloria.castellanos@unad.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero de sistemas y Magíster en inteligencia artificial. Contacto: [juan.aldana@unad.edu.co](mailto:juan.aldana@unad.edu.co)

<sup>4</sup> Psicólogo, Especialista en pedagogía para el desarrollo del aprendizaje autónomo y Magíster en intervención social. Contacto: [tito.lara@unad.edu.co](mailto:tito.lara@unad.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

En la configuración de la estructura social, el espacio material e inmaterial se constituye en un aspecto vital del sostenimiento de la sociedad. Sin embargo, a nivel general, ha sido abordado desde una postura mercantilista, dejando de lado las comprensiones de las prácticas sociales, culturales y políticas involucradas en su construcción, a partir de las cuales se puede dar sentido y significado a su apropiación subjetiva. Y es que la constitución del *ser-en-el-mundo* se origina más allá de sus aspectos materiales, a partir de las formas de relación que se establecen con los otros y con el espacio, de modo que su habitabilidad presupone lo cercano, lo existencial y lo contextual.

Esa comprensión posibilita pensar el espacio como un escenario ideal para la realización humana, que facilita la intersubjetividad, la construcción de relaciones y la (re)reproducción de la cultura, permitiendo a los sujetos habitar un contexto propicio para el ejercicio de la ciudadanía, toda vez que el espacio se concibe como una estructura de elementos socialmente relevantes y por lo tanto, como una dimensión existencial que la impregna de referentes de identidad, destinos colectivos y valores compartidos [1] desde una inseparable relación entre el ser humano y su entorno en busca de la supervivencia, dando así cuenta de su función y significado social.

Empero, en un contexto delineado por los parámetros de la cuestionada normalidad, el espacio resalta los procesos de exclusión e inclusión social, a partir de los cuales se evidencia un malestar constante que resalta los conflictos de grupos minoritarios como lo son las personas en situación de discapacidad, a razón de las marcadas diferencias que dan cuenta de percepciones compartidas excluyentes que marginan y separan al otro, justificando su dependencia y sometimiento [2].

Dicho panorama, invita repensar la relación socio-espacial en torno a la discapacidad y para el caso específico de la presente disertación, la discapacidad visual en la ciudad de Ibagué, en donde en coherencia con las cifras reportadas por el DANE en el censo poblacional de 2018, la ciudad cuenta con 529.635 habitantes, de los cuales el 4,4%, es decir 23303, son personas con algún tipo de discapacidad y de estos el 27%, que equivale a 6292 ciudadanos, tienen algún tipo de discapacidad visual [3]. Dado que la comunidad ciega, relegada al confinamiento, mantiene en el contexto local una ausencia participativa que da cuenta de un proceso de estigmatización constante que la condena al exilio tácito a causa de las barreras del entorno que desde la relación invidente-vidente constituye un obstáculo para el desarrollo de una vida autónoma, toda vez que para las personas con discapacidad un espacio que favorece su aislamiento es también un espacio que genera pérdida de autonomía.

Una autonomía entendida como una construcción entre sujetos, y no de un individuo que se construye prescindiendo de los otros [4]. No se realiza entonces una lectura contextual del término desde el punto de vista clásico del individuo solitario, por el contrario, se postula una noción relacional del ser autónomo. En términos de discapacidad, contar con mayor autonomía es disponer de más relaciones y un medio que posibilite el desenvolvimiento de los diferentes cuerpos existentes [5].

Por lo anterior, la autonomía de la persona con discapacidad visual se ve influenciada por el papel social del entorno que habita y que revela de manera inminente los procesos de exclusión que se expresan en la relación entre ciegos y videntes, destacando la dominancia de unos individuos sobre otros y la negación de los derechos fundamentales de accesibilidad y participación equitativa, los cuales se evidencian como condiciones indispensables para el desarrollo de una ciudadanía plena. Así pues, para las personas con discapacidad, su participación está condicionada por el acceso al entorno físico, toda vez que es en la interacción sujeto-entorno-sujeto donde se construye la identidad individual y colectiva [6].

Sin embargo, la problemática descrita no se limita únicamente a la perspectiva del individuo en situación de discapacidad. Si las personas que ven (*videntes*) no logran establecer una relación recíproca más allá de los estándares sociales que condicionan la posición de ambas partes, se genera una falta de reconocimiento de las formas de interacción y mutua afectación. Esto lleva a considerar un concepto de reciente anclaje, la discapacidad compartida y por tanto una especie de ceguera por parte de aquellos que, a pesar de tener la capacidad visual para percibir su entorno psicofísico, tienen una conciencia limitada debido a los estándares

socio-materiales que obstaculizan su comprensión [7]. Se siguen construyendo ciudades, edificios y objetos basados en un modelo irreal de perfección antropométrica. Este modelo afecta la percepción de la relación socio-espacial frente a la discapacidad visual, cuando lo que realmente se necesita es una construcción colectiva de conocimiento e interacción desde el espacio, donde la diversidad de significados dé sentido a los intercambios que tienen lugar en él.

Así, el abordaje del espacio desde su función no-material para la construcción social del sujeto, refiere una importancia notable que requiere seguir evidenciándose como una cuestión de debate que permita reflexionar frente a las comprensiones de la discapacidad toda vez que, frente a la experiencia cotidiana del sujeto en situación de discapacidad en torno al derecho a la ciudad, en términos de accesibilidad, las personas con discapacidad enfrentan sentimientos de compasión, señalamientos, lastima, discriminación anulación e insolidaridad, siendo estos sentimientos, actitudes y comportamientos sociales, los que mayormente afectan el disfrute pleno y en condición de igualdades de los espacios que las ciudades ofrecen [8], presentándose una brecha interaccional entre personas ciegas y personas videntes, por lo que el presente manuscrito da cuenta de los resultados parciales de un proceso de investigación en el que se indagó sobre: ¿Cuál es la percepción de la relación socio-espacial en torno a la discapacidad visual de un grupo de invidentes y un grupo de videntes de la ciudad de Ibagué, Colombia?

## 2. MÉTODO

### 2.1 Enfoque metodológico

El proceso se desarrolla teniendo en cuenta la investigación cualitativa como enfoque metodológico, la cual busca producir conocimiento a partir del reconocimiento de las realidades sociales, los sistemas de interacción, sus estructuras y dinámicas [9]. Para ello se toma en consideración el principio de participación de los actores [10], que está encaminado a transformar las relaciones de poder y supremacía de unos sujetos sobre otros y cuya finalidad es promover la reflexión y posterior toma de decisiones; por lo que desde la investigación que se presenta, se da cuenta de los siguientes elementos distintivos: interacción entre sujetos con un objetivo común, existencia de un fenómeno que debe ser comprendido y transformado y praxis contextual que implique la toma de decisiones a partir de un mutuo beneficio, en torno al objetivo propuesto y la pregunta de investigación planteada.

### 2.2 Participantes

El grupo de participantes se integra por diez personas ciegas vinculadas a la Asociación de Invidentes del Tolima y diez personas videntes, equivalentes al número de personas en situación de discapacidad visual. Su participación da cuenta de una selección poblacional de casos homogéneos por conveniencia, fundamentado en el criterio del equipo investigador de acuerdo con el objetivo previamente planteado; es decir, se definió un muestreo no probabilístico, dadas las características poblacionales y los propósitos del proceso investigativo previamente definidos, buscando de esta forma una mayor comprensión y descripción de las vivencias, experiencias y condiciones comunes de los participantes con el núcleo temático de la investigación.

En coherencia, en la Tabla 1 se muestran los criterios de inclusión y exclusión definidos por los profesionales a cargo de la investigación, para la participación de la comunidad en el ejercicio investigativo, buscando así mismo, cumplir con las consideraciones éticas definidas en la propuesta inicial.

**Tabla 1.** Criterios de inclusión y exclusión

Participantes	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Personas en situación de discapacidad visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ser una persona mayor de 18 años</li> <li>▪ Ser sujeto en situación de discapacidad visual - ciego</li> <li>▪ Estar vinculado a la Asociación de Invidentes del Tolima</li> <li>▪ Ser residente del municipio de Ibagué</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ser una persona menor de 18 años</li> <li>▪ No ser un sujeto en situación de discapacidad visual - ciego</li> <li>▪ No estar vinculado a la Asociación de Invidentes del Tolima</li> <li>▪ No ser residente del municipio de Ibagué</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Expresar su voluntad de participar en el proceso investigativo</li> <li>▪ Firmar el consentimiento informado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No expresar su voluntad de participar en el proceso investigativo</li> <li>▪ No firmar el consentimiento informado.</li> </ul>
Personas videntes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ser una persona mayor de 18 años</li> <li>▪ Ser residente del municipio de Ibagué</li> <li>▪ Expresar su voluntad de participar en el proceso investigativo</li> <li>▪ Firmar el consentimiento informado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ser una persona menor de 18 años</li> <li>▪ No ser residente del municipio de Ibagué</li> <li>▪ No expresar su voluntad de participar en el proceso investigativo</li> <li>▪ No firmar el consentimiento informado</li> </ul>

### 2.3 Instrumento de recolección de información

Como instrumento de recolección de información se hace uso de la Encuesta Social del Percepción ESP, que tiene como propósito indagar sobre la forma en la que las personas se sienten o comprenden los fenómenos de su entorno, siendo utilizada para evaluar necesidades, resolver problemas y definir acciones a emprender con relación a los problemas identificados en el contexto.

El procesamiento de la información se llevó a cabo a partir del análisis categorial, clasificando la información de acuerdo con las secciones de la encuesta al definir elementos comunes y diferenciales en concordancia con los desarrollos teóricos y referenciales de manera sistemática [11].

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 2 se muestran las categorías centrales sobre las cuales se fundamentó la encuesta, las cuales dan cuenta del análisis de los elementos que posibilitan comprender la problemática desde la percepción de los participantes.

**Tabla 2.** Categorías de análisis

Categoría	Descriptor
Entorno material y barreras estructurales	Conjunto de aspectos físicos que rodean a una persona y que inciden en sus experiencias y oportunidades. Incluyen la infraestructura, los recursos naturales, las tecnologías y los medios de transporte. Estos aspectos pueden limitar o dificultar el acceso igualitario a recursos y oportunidades.
Prácticas sociales	Acciones y comportamientos individuales y colectivos que las personas realizan cotidianamente y que están moldeadas por la cultural y las expectativas sociales. Estas prácticas son aprendidas y evolucionan a partir de la interacción socio contextual y reflejan la manera en la que las personas se relacionan y dotan de sentido su entorno social.
Condición de ciudadanía	Estatus o posición legal, política y social que otorga derechos, responsabilidades, privilegios y deberes a una persona en relación con un contexto específico y que busca la contribución con el bienestar común.

Así mismo, se presenta la definición operacional o descriptor general de cada una, mostrando así los aspectos conceptuales sobre los cuales se diseñó y aplicó el instrumento en mención.

Es importante tener en cuenta que, tal y como se mencionó en la introducción, se exponen los resultados parciales del proceso, por lo que el análisis de información y los hallazgos dan cuenta exclusivamente de la ESP aplicada las personas con discapacidad visual participantes en el ejercicio investigativo.

### 2.4 Procedimiento

Desde la investigación se da cuenta del desarrollo de cinco fases:

1. Reconocimiento disciplinar
2. Selección de los participantes
3. Diseño y aplicación de instrumentos
4. Análisis de la información
5. Socialización de los resultados

### 2.5 Consideraciones éticas

Desde la validación de la propuesta de investigación, durante el desarrollo y al cierre se tienen en cuenta los criterios de la resolución 8430 de 1993 que dicta las normas técnicas, administrativas y científicas para la investigación, a partir de la minimización de riesgos y la maximización de beneficios para los participantes.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Entorno material y barreras estructurales

La ciudad es considerada un medio hostil para las personas con discapacidad visual, lo que les ocasiona *temor para desplazarse en espacios desordenados, ajetreados y orientados visualmente*, siendo esta una de las principales barreras percibidas para participar de manera óptima en el entramado social [12]. Al respecto, algunos autores refieren que a lo largo de los años la sociedad ha funcionado dejando de lado, ignorando o creando barreras a las personas que el ser humano consideró diferentes.

Por lo tanto, los participantes refieren, que el principal tipo de apoyo utilizado para desplazarse -con cierto nivel de seguridad- es el bastón, toda vez que en la ciudad encuentran barreras estructurales tales como:

*Obstáculos que están en el punto ciego del bastón, como templete, bolardos, señales de tránsito, desniveles en la calle y postes. Obstáculos que no se logran identificar con el bastón a mediana altura entre los cuales se encuentran avisos publicitarios, ventanas y cajas de servicios públicos. Obstáculos identificables con el bastón, como motos, carros, escombros, puertas abiertas y vendedores ambulantes* [13], lo que es coherente con lo referido por la Organización Mundial de la Salud al mencionar que las personas con discapacidad visual presentan como mayor dificultad los aspectos relacionados con el desplazamiento y la movilidad, puesto que tanto en espacios cerrados como abiertos se evidencian obstáculos como autos, gradas, postes, puestos de venta y carteles.

Ahora bien, desde la percepción de los participantes, aún falta información y educación social encaminada a que las personas que ven comprendan el uso del bastón como elemento de apoyo y sus características básicas. En la voz de los participantes el bastón cumple tres funciones específicas, primero ser distintivo, es decir hacer que los demás diferencien una persona ciega de una persona con otro tipo de situación, patología o enfermedad, segundo ser informativo, existen diferentes tipos de bastón y de acuerdo con esto se puede identificar el tipo de discapacidad visual que tiene la persona que lo lleva y finalmente, ser protector, para que las personas ciegas puedan movilizarse con mayor seguridad al poder localizar obstáculos en el rango a la distancia y rasgo de acción del bastón.

Los espacios que ofrece la ciudad se constituyen en una carrera de obstáculos que las personas con discapacidad visual deben salvar, razón por la cual mencionan que los desplazamientos se realizan de acuerdo con sus necesidades primarias, encontrándose entre los lugares que más frecuentan los hospitales o instituciones de salud, los estadios y centros deportivos, los parques, algunas zonas de descanso y los centros comerciales, contrario a las instituciones educativas, las entidades públicas y los centros religiosos, puesto que son percibidos como escenarios de menor frecuencia. Esto limita, por lo tanto, el desarrollo autónomo y el establecimiento de nuevas interacciones socio-espaciales, relegándolos al confinamiento casi permanente, dado que las barreras físicas dentro del contexto de la discapacidad engloban todos los elementos asociados a la infraestructura de los entornos tanto privados como públicos, los cuales dificultan la participación plena y efectiva en la sociedad en condiciones de igualdad [14].

Al respecto, los participantes refieren que hay cuatro aspectos esenciales relacionados con la accesibilidad en los espacios que son: la funcionalidad, la circulación, la seguridad y la orientación, tal y como refieren algunos autores al explicitar que la accesibilidad se entiende como el conjunto de atributos necesarios para que los entornos, procesos, herramientas y objetos sean comprensibles y utilizables por todas las personas en condiciones seguras y cómodas, fomentando la autonomía y naturalidad en su utilización [15].

Desde la perspectiva de los participantes, la funcionalidad está relacionada con las características de un espacio que lo hacen útil en coherencia con sus necesidades e intereses; la circulación es vista como la posibilidad que brinda el espacio para recorrerlo y desplazarse, sin encontrar obstáculos que impiden su transitabilidad; la seguridad entendida como la percepción de confianza que brinda el espacio en términos de ausencia de riesgos o peligros para la persona ciega y la orientación como la conexión de un espacio particular con un escenario y unas rutas ya conocidas que faciliten la incorporación de nuevos mapas mentales para llegar de un punto de partida a un punto meta.

En esta línea, los desplazamientos por la ciudad son considerados parcialmente seguros y los principales riesgos a los cuales están expuestos se relacionan con los accidentes ocasionados por la infraestructura de la ciudad, la falta de cultura vial, la alta probabilidad de perderse, los robos y los accidentes de tránsito. En este sentido los participantes refieren que la infraestructura urbana, los entornos y las barreras estructurales, hacen de Ibagué una ciudad en la que priman los contextos exclusógenos que inciden en la forma en la que las personas ciegas interactúan con otros, toda vez que no se cumple la premisa del diseño para todos a lo que se suma la falta de cultura ciudadana por parte de las personas videntes que constituyen el mayor porcentaje de habitantes de la ciudad.

Así pues, la ciudad está construida para que las personas con discapacidad visual sigan siendo dependientes, puesto que viven un espacio diseñado según las cargas ideológicas impuestas por la concepción hegemónica del cuerpo normativo, lo que significa experimentar y reafirmar, en la vida diaria del individuo, el precepto social de cómo debería ser: alguien altamente productivo, y sin limitaciones, capaz de trasegar en la ciudad de forma autónoma [16]. Esto resalta de manera evidente la naturaleza excluyente de los entornos físicos y abstractos que conforman la urbe.

### 3.2 Prácticas sociales

Las prácticas sociales son entendidas como las interacciones y actividades que genera el ser humano en tanto ser sujeto social, en los espacios que transita cotidianamente y que lo dotan de identidad individual y colectiva. En ese sentido, son una forma de interconexión entre el individuo y la colectividad en función de las costumbres, creencias, cultura y entorno que habita. Pueden ser *adecuadas o inadecuadas* al evidenciarse aceptación o rechazo amén de la estructura social, legitimando ciertas conductas y descalificando otras; de forma tal que pensar el espacio desde las relaciones permite ver que ese espacio significa algo para las personas y, en esa medida, esas relaciones determinan memoria, identidad y prácticas sociales [17].

Ahora bien, usualmente las prácticas sociales han sido estudiadas desde la percepción de las personas que ven, aquellas que socialmente son catalogadas como *normales* y sobre las cuales se construyen las indagaciones acerca del sentido y significado del espacio y su función social; sin embargo, la percepción de las personas con discapacidad constituye un punto de reconocimiento frente a los nexos implícitos entre el entorno y las interacciones sociales, que posibilita una comprensión de la producción social de la discapacidad [18]. Por ello, desde el ejercicio investigativo realizado es posible reconocer en la voz de los participantes que, los elementos que se tienen en cuenta para establecer dichas interacciones con personas desconocidas son: la confianza que le generen las personas, el nivel de interés para entablar una conversación, el lenguaje que se utiliza y las barreras o facilitadores sociales presentes en el entorno.

Así, los aspectos que privilegian para determinar si pueden o no confiar en una persona en un espacio público son el sector en el que se encuentran, el tipo de espacio, si este es abierto o cerrado, el tono de voz de la persona y en último lugar el olor de dicha persona. Por su parte, frente al nivel de interés de una persona para entablar una conversación, los participantes refieren que tienen en cuenta nuevamente aspectos como el tono de voz, el timbre de voz, la distancia percibida, las formas de expresión y el tipo de respuesta que encuentran, lo que es coherente con lo expuesto por algunos autores al referir que más allá de los aspectos físicos, el paisaje-territorio-entorno puede ser comprendido desde la experiencia sensorial y emocional del espacio, es decir, se le puede ver, interpretar y transformar desde la experiencia perceptual que trasciende los límites del lenguaje visual [19].

Por otra parte, se abordaron las barreras sociales más frecuentes encontradas en la interacción con las personas que ven, las cuales fueron clasificadas así: en primer lugar, sentimientos de lástima y compasión, seguido de la discriminación, los murmullos o silencios, la indiferencia y finalmente la falta de solidaridad. Este tipo de barreras también son catalogadas como actitudinales y hacen mención específicamente a los comportamientos adversos de las personas sin-discapacidad hacia las personas con-discapacidad [20]; de tal manera que la noción de barreras u obstáculos explícitamente incluye las condiciones del contexto y a quienes en él interactúan, que restringen o limitan el desarrollo pleno y la interacción entre las capacidades de las personas y el medio indistintamente de la discapacidad [21].

En esa misma línea, de acuerdo con la experiencia de las personas con discapacidad visual, en torno a las prácticas sociales como categoría de estudio, refieren que las dificultades principales para interactuar con personas videntes son el temor al rechazo, el desconocimiento frente a cómo lograr un primer acercamiento, la desconfianza que le puede generar y la incertidumbre frente a la información que le puedan proporcionar, al tiempo que los videntes cuando se les solicita algún tipo de ayuda, son percibidos como temerosos y prevenidos y en otras oportunidades como cordiales o indiferentes.

De acuerdo con lo anterior, existe consonancia entre lo descrito por los participantes y los hallazgos de investigaciones previas relacionadas con el tema del espacio y su construcción social, cuando se menciona que el espacio es el escenario de encuentros fortuitos y que en él se producen las prácticas que dan lugar a acciones variadas que permanentemente construyen, deconstruyen y reconstruyen las dinámicas de una ciudad, por lo que el principio definitorio del espacio no es su naturaleza jurídica en tanto propiedad pública o privada, como si lo es su naturaleza sociológica que da cuenta de su uso, así como de sus condiciones de acceso [22].

### **3.3 Condición de ciudadanía**

En un contexto de tensiones sistemáticas, hablar de condición de ciudadanía para las personas con discapacidad remite una reflexión desde el conflicto y los retos que enfrenta la sociedad, siendo los derechos la base ética sobre la cual se evidencia la expansión de la ciudadanía, cuyo orden político-jurídico es su garantía y protección [23]. Y es que a nivel nacional la construcción de ciudadanía ha sido permeada por la violencia y la desigualdad, por lo que se hizo necesario comprender la percepción de la población ciega en torno al tema, entendiendo que es imperativo asumir una postura en torno a la posesión de derechos, pero además en torno a la incorporación de la persona con discapacidad como miembro pleno de una sociedad igualitaria [24].

Frente a esto, los participantes refieren que si bien, conocen las normas que protegen los derechos de las personas con discapacidad en Colombia, así como los mecanismos consagrados en la constitución política para su exigibilidad, no hacen un uso frecuente de ellos. El derecho de petición y la tutela son los instrumentos que ocasionalmente utilizan en situaciones extremas, en las que se vean comprometidos aspectos como la salud, la educación y el trabajo. Sin embargo, consideran que implícitamente se le niega su derecho a la igualdad justamente por su diferencia, lo que como se mencionó, se constituye en una violencia silenciosa y sistemática. Por lo tanto, mencionan que se hace necesario adoptar medidas más efectivas y pertinentes para lograr que la sociedad tome mayor consciencia frente a este tema.

Ello, deja en evidencia que el reconocimiento de la persona con discapacidad se ha instaurado mayoritariamente en el ámbito privado, el de la individualidad y la familia como círculo de relación primario, pero en lo público, como ámbito que da cuenta explícita de la condición de ciudadanos y que propende por el bien común, el bienestar, los intereses y la satisfacción de las necesidades comunes, aún hay pocos avances; situación que traducida a la voz de la comunidad ciega, expone cómo pese a los avances normativos, tanto en el orden del hacer como en el orden del decir, son vistos más como sujetos de protección que como sujetos de derechos.

Entre tanto, la convención sobre los derechos de las personas con discapacidad expresa que se debe garantizar que disfruten de los mismos derechos que los demás y vivan sus vidas como ciudadanos por derecho propio, por lo que la ciudadanía en tanto categoría de análisis está dotada de estatus y es decisiva para la convivencia y la inclusión social.

La disyuntiva radica en que formalmente esto es una verdad, si así se quisiese expresar, pero no es una realidad; por ejemplo, las personas ciegas refieren que desde su percepción y en orden jerárquico la salud es uno de los derechos que tienen más garantizado, encontrándose en segundo lugar la educación y en último lugar el trabajo digno. Derechos como el ocio y la recreación no son tenidos en cuenta por los participantes dado que refieren que la estructura física, el diseño arquitectónico de la ciudad y la falta de educación y comunicación en el tema a nivel social, excluyen de tajo las posibilidades de su pleno disfrute.



De acuerdo con lo anterior, llama la atención observar cómo el entorno laboral para las personas con discapacidad visual sigue siendo un aspecto sensible, dado que la oferta limitada de trabajo formal coarta su derecho e incide directamente en la inclusión y participación socio-laboral como aspectos que, si bien debieran reivindicar y reafirmar la ciudadanía, lo que se evidencia es que en este nivel se siguen reproduciendo las estructuras tradicionales de negación de la igualdad como opción válida para el encuentro y la construcción colectiva [25]. Los espacios de trabajo reproducen prácticas sociales insertas en discursos estigmatizantes que siguen clasificando a las personas como aptas y no aptas y como capacitadas o no capacitadas para desarrollarse personal, profesional y socialmente.

Por lo anterior, la inclusión de las personas con discapacidad como ciudadanos de pleno derecho, muestra una brecha entre la condición formal de ciudadanía y la condición sustantiva de ciudadanía, siendo la primera aquella que se desprende de la normativa y la segunda, aquella que da cuenta del ejercicio efectivo y real de los derechos; así que, indefectiblemente como lo refiere Díaz, la desigualdad social por motivo de discapacidad y los factores que la originan, así como los mecanismos y representaciones sociales que producen y reproducen dicha desigualdad, definen la identidad social de este colectivo [26].

#### **4. CONCLUSIONES**

Existe una relación directa entre entorno material, prácticas sociales y condición de ciudadanía frente al sentido y significado del espacio como escenario que promueve o limita la construcción social.

El espacio natural y construido asiste las formas comportamentales del hombre, así como la manera en que se ejercen los derechos, por lo que trasciende su función espacial primigenia configurando un entramado de interacciones que dan vida a la forma en la que se hilan las relaciones sociales y se materializa la identidad individual y colectiva.

Se evidencia una diferencia entre espacio físico y espacio representado en torno a la percepción de las personas con discapacidad visual, toda vez que, al ser diseñado desde la concepción tradicional del cuerpo normalizado, hace que las personas con discapacidad sean dependientes y por tanto vistas como sujetos de protección más que de derechos.

Las personas con discapacidad ven limitada su condición de ciudadanía que trae como consecuencia una percepción de injusticia frente a lo que es una persona y lo que puede llegar a hacer, al transitar y habitar espacios sociales de discriminación profunda.

Las aproximaciones al espacio desde la relación ciego-vidente posibilitan su comprensión como escenarios de expresión y apropiación social mediados por una diversidad de formas, características ambientales, infraestructuras y superficies que implícitamente denotan una relación de poder y un estatus desigual para los habitantes, quienes desde su percepción y accionar marcan una diferencia arriba-abajo en la posición social. Arriba aquellos vistos como normales, abajo los diferentes, las personas con discapacidad quienes deben adaptarse a las limitadas posibilidades que la ciudad ofrece para formar parte del entramado social.

La configuración socio-espacial de los territorios se evidencia como una categoría de análisis que debe seguir siendo explorada desde la praxis y experiencia de las personas con discapacidad, en pro de generar espacios que reivindiquen y promuevan una relación igualitaria y justa con las personas que ven.

## REFERENCIAS

- [1] Castells M. (2008). La cuestión urbana. Siglo XXI Editores.
- [2] Arenas A. et al. (2018). Voces del silencio: La inclusión social desde una ruptura en la homogenización comunicativa oyente-sordo. *Sciences Pi Journal*.
- [3] DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Recuperado: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- [4] Soares J. y Camargo J. (2007). Patient autonomy in the therapeutic process as a value for health. *Interfaz - Comunic., Saúde, Educ.* 11(21).
- [5] Venturiello M. (2013). Los cuerpos con discapacidad en los diferentes ámbitos sociales: Espacios físicos e interacciones sociales. En VII Jornadas de Jóvenes Investigadores. Buenos Aires, Argentina.
- [6] Linares J. et al. (2018). Accesibilidad espacial e inclusión social: Experiencias de ciudades incluyentes en Europa y Latinoamérica. *Civilizar Ciencias sociales y Humanas* 18(35), 115-128.
- [7] Gutiérrez J. (2008). Persona con discapacidad y ciudad minusválida. Percepción de la ciudad de México desde la discapacidad motriz y la discapacidad visual. *Disertación Doctoral*. Universidad Iberoamericana.
- [8] Arenas A. et al. (2021). Formas, sonidos e imágenes en la ciudad discapacitada: Una aproximación a la percepción del espacio y su función social. En *ciencia transdisciplinar para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad* (pp. 349 - 361). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- [9] Piza N. et al. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Conrado* 15(70), 455-459.
- [10] Espinoza E. (2020). Reflexiones sobre las estrategias de investigación acción participativa. *Conrado* 16(76), 342-349.
- [11] Braun V. et al. (2019). Thematic Analysis. En Liamputtong P. (ed.), *Handbook of Research Methods in Health Social Sciences* (pp. 843-860). Springer.
- [12] Álvarez M. (2020). Accesibilidad y diseño universal: Asentamiento de bases para manual de integración para personas con discapacidad visual. *Ergonomía, Investigación y Desarrollo* 2(2), 80-95.
- [13] Huanca Y. (2022). Bastón blanco con sensores ultrasónicos y vibraciones. *Disertación Doctoral*. Universidad Mayor de San Andrés.
- [14] Bolívar S. y Gallón O. (2021). Barreras físicas percibidas por estudiantes de una institución universitaria de la ciudad de Cali-Colombia frente a la discapacidad. *Rehabilitación* 55(1), 22-29.
- [15] Wendorff A. (2023). Museo accesible para las personas con discapacidad visual: Estudio de caso de los museos de Barcelona. *Cadernos de tradução* 43(1), 5-14.
- [16] Arenas A. et al. (2020). Ciudad física y ciudad representada: Discapacidad, justicia espacial e innovación social. *Utopía y Praxis Latinoamericana* 25(11), 175-194.
- [17] Cuesta Ó. y Meléndez S. (2019). Discapacidad, ciudad e inclusión cultural: Consideraciones desde la comunicación urbana. *Eure (Santiago)* 45(135), 273-282.
- [18] Brittain I. et al. (2020). Ableism as a regulator of social practice and disabled peoples' self-determination to participate in sport and physical activity. *Leisure Studies* 39(2), 209-224.
- [19] Corral F. y Muñoz L. (2022). Ver el paisaje sin los ojos: Sentir el territorio a ciegas. Universidad de Granada.
- [20] French S. (2017). *Disabled people and employment. A study of the working lives of the visually impaired physiotherapists*. Routledge.
- [21] Pérez J. (2019). Entre barreras y facilitadores: las experiencias de los estudiantes universitarios con discapacidad. *Sinéctica* (53).
- [22] Peralta B. et al. (2020). Significados sociales e institucionales de uso del espacio público. *Kepes* 17(22), 109-139.
- [23] Turégano I. (2020). Fronteras, movilidad y ciudadanía. *Bajo palabra* (23), 131-162.
- [24] Sánchez S. (2019). La Construcción de ciudadanía en Colombia un hecho marcado por la violencia. *Revista Perspectivas* 4(1), 60-65.
- [25] Ruiz J. (2017). ¿Por siempre niños? Corporalidad y discapacidad intelectual: Una aproximación sociológica al cuerpo discapacitado. Universidad del Rosario.
- [26] Díaz E. (2017). El acceso a la condición de ciudadanía de las personas con discapacidad en España. Un estudio sobre la desigualdad por razón de discapacidad. Editorial CERMI.

# Herramientas de Lean Healthcare LH en unidades hospitalarias: Una revisión sistemática

Nelson Vladimir Yepes González<sup>1</sup>  
Hernando Alexander Gutiérrez Sánchez<sup>2</sup>  
Magda Viviana Monroy Silva<sup>3</sup>  
*Universidad Santo Tomas, Colombia*

El capítulo de libro presenta una revisión sistemática enfocada en las herramientas más utilizadas de LH en unidades hospitalarias. El objetivo del capítulo es presentar una revisión detallada de estas herramientas y su aplicación en el cuidado de la salud. La metodología utilizada incluye la identificación de fuentes de información relevantes, la selección y análisis crítico de la información recolectada, y la síntesis de los resultados en un informe claro y conciso. Los resultados de la revisión indican que las herramientas de LH pueden mejorar la satisfacción del paciente, la calidad del cuidado y la eficiencia operativa en las unidades de atención hospitalaria y las principales conclusiones destacan la importancia de desarrollar habilidades críticas para analizar y evaluar la calidad y relevancia de la información obtenida, y la necesidad de implementar eficazmente estas herramientas en un entorno de atención médica para mejorar el cuidado de la salud.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial, Especialista en gerencia financiera y Magíster en Diseño, Dirección y Gestión de Proyectos. Contacto: [nelsonyepes@usta.edu.co](mailto:nelsonyepes@usta.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial y Magíster en Ingeniería Industrial. Contacto: [hernandogutierrez@usta.edu.co](mailto:hernandogutierrez@usta.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniera Industrial, Especialista en gerencia en salud y seguridad en el trabajo y Magíster en Ingeniería Industrial. Contacto: [magdamonroy@usta.edu.co](mailto:magdamonroy@usta.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La implementación del LH es una de las estrategias más comunes para mejorar la calidad de la atención médica [1]. Esta metodología se enfoca en la eliminación de desperdicios, la mejora de la eficiencia y calidad del servicio de atención médica. Las herramientas aplicadas en LH permiten identificar áreas de mejora y hacer un seguimiento del progreso en la implementación [2]. Ejemplos de estas herramientas incluyen el mapeo de procesos, la evaluación de la eficiencia del flujo de trabajo, la evaluación de la satisfacción del paciente y la medición del tiempo de ciclo [3].

El mapeo de procesos permite visualizar y comprender los procesos que se llevan a cabo en una organización o algún área específica de atención médica, con el fin de identificar posibles ineficiencias en cada una de las etapas que se llevan a cabo [17-19, 27, 36, 40]. La evaluación del flujo de trabajo se utiliza para analizar la continuidad o falta de continuidad de los procesos, e identificar que afecta el flujo para determinar alternativas que permitan mejorarlo [20, 24, 37, 42]. La evaluación de la satisfacción del paciente se enfoca en medir la percepción del paciente con la atención médica recibida, ya que el objetivo de la metodología LH es que todas las actividades, procedimientos y procesos llevados a cabo generen satisfacción en el paciente [16, 17, 20, 21, 24, 34, 45, 59]. Por último, la medición del tiempo de ciclo determina el tiempo que se tarda en completar un proceso, procedimiento o actividad en una organización de atención médica, con el fin de establecer si la capacidad del sistema es suficiente para atender la demanda [5-8].

Por ejemplo, un estudio realizado en un hospital de los Estados Unidos utilizó el mapeo de procesos para identificar y eliminar los cuellos de botella en el proceso de admisión de pacientes, lo que resultó en una reducción del tiempo de espera y una mayor satisfacción del paciente [4]. Otro estudio en un hospital de Canadá utilizó la evaluación de la eficiencia del flujo de trabajo para identificar y eliminar los retrasos en el proceso de atención de pacientes con enfermedades crónicas, lo que resultó en una reducción del tiempo de espera y una mayor satisfacción del paciente [5]. En cuanto a la evaluación de la satisfacción del paciente, un estudio en un hospital de Australia utilizó encuestas de satisfacción del paciente para identificar áreas de mejora en la atención médica, lo que resultó en una mayor satisfacción del paciente y una mejora en la calidad de la atención [6]. Finalmente, un estudio en un hospital de los Estados Unidos utilizó la evaluación del tiempo de ciclo para identificar y eliminar los retrasos en el proceso de atención de pacientes con enfermedades crónicas, lo que resultó en una reducción del tiempo de espera y una mayor satisfacción del paciente [7].

En el estudio de Chan y Hsieh [4] la implementación de la metodología LH en la atención médica ha demostrado ser efectiva para mejorar la eficiencia y la calidad de la atención. Los autores presentan varios casos de estudio internacionales en los que se han utilizado herramientas Lean, como Value Stream Mapping, Kanban y e Gemba Walk, para mejorar los procesos de atención médica y reducir los desperdicios.

El presente estudio descriptivo utilizó la metodología PRISMA [9] para realizar una revisión exhaustiva de la literatura y analizar los estudios de caso relacionados con la aplicación de la filosofía LH en entidades de salud. La revisión preliminar presentada, garantiza un enfoque sistemático y transparente en la selección y análisis de los estudios incluidos en esta investigación. Posteriormente se realiza la identificación, selección, extracción y síntesis de los datos relevantes. Esta metodología, permite una evaluación rigurosa de la calidad de los estudios y la presentación clara y objetiva de los resultados obtenidos. También, se busca garantizar la validez y confiabilidad de los hallazgos, así como proporcionar una visión completa y rigurosa de los métodos y resultados de los estudios de caso analizados.

Por medio de la metodología se identificó el vacío de conocimiento que se refiere a la falta de comprensión o investigación sobre cómo se pueden aplicar las herramientas Lean en la atención médica para mejorar la calidad de la atención y la satisfacción del paciente. El objetivo del capítulo de libro es proporcionar una revisión sistemática de la literatura existente sobre el tema y presentar los resultados de esta revisión. De esta manera, se busca ayudar a los lectores a comprender mejor la aplicación y el impacto de las herramientas Lean en la atención médica, lo que podría proporcionar una base sólida para la implementación de estas herramientas en un ambiente de trabajo que puede ser una institución médica o un área específica de la institución.

## 2. MÉTODO

Para llevar a cabo la investigación secundaria sobre la evaluación de la filosofía LH, se siguió un método riguroso y bien definido. En primer lugar, se definió claramente la pregunta de investigación que se deseaba responder: *¿Cuáles son las técnicas o herramientas más empleadas en la Filosofía LH y los beneficios obtenidos a partir de su implementación en unidades hospitalarias?* [10]. Luego, se identificaron las fuentes de información relevantes para la pregunta de investigación utilizando diferentes estrategias de búsqueda, como se recomienda en la revisión sistemática de la literatura [11]. Se consultaron bases de datos científicas, revistas especializadas y otros recursos pertinentes. Se realizó una búsqueda exhaustiva y se seleccionaron los estudios y documentos más relevantes para la investigación.

Una vez recolectada la información, se llevó a cabo una selección y análisis crítico utilizando diferentes técnicas. Se utilizó la síntesis para resumir y organizar la información recopilada, la categorización para agrupar los estudios y documentos según temas o aspectos relevantes, y el análisis temático para identificar patrones y tendencias en los resultados [12]. Finalmente, se sintetizaron los resultados en un informe claro y conciso. Se utilizaron citas y referencias adecuadas para respaldar las conclusiones y se siguieron las pautas establecidas para la escritura de artículos científicos [13]. El informe incluyó una introducción que contextualizaba la investigación, una descripción detallada de las técnicas y herramientas más empleadas en la filosofía LH, los beneficios observados en unidades hospitalarias, y una conclusión que resume los hallazgos y proporciona recomendaciones para futuras investigaciones [14].

En el estudio se empleó la metodología Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses PRISMA [15] para garantizar una revisión sistemática rigurosa y de alta calidad. PRISMA es un conjunto de directrices que proporciona un marco estructurado para identificar, seleccionar, analizar y sintetizar la literatura relevante en el campo de investigación. Por lo tanto, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en bases de datos como Scopus, Science Direct y Web of Science, aplicando criterios de inclusión y exclusión predefinidos. Luego, se evaluó la calidad de los estudios incluidos y se extrajeron los datos relevantes para la síntesis y el análisis. Por medio de esta metodología [15], este estudio garantiza un enfoque sistemático y transparente, permitiendo la reproducibilidad y la comparabilidad de los resultados con futuras investigaciones en el ámbito de la temática abordada.

### 2.1 Estrategia de búsqueda

Para la construcción de la ecuación de búsqueda, se utilizaron palabras clave teniendo en cuenta el objeto de estudio y el marco de la investigación, se incluyeron nombres propios, metodologías, de igual forma se hizo el uso de palabras claves sencillas y compuestas, los resultados obtenidos para Scopus (Tabla 1).

**Tabla 1.** Estrategia de búsqueda en Scopus

Ecuaciones de Búsqueda	Ecuación tamizada	Resultados
Lean healthcare AND hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities AND tools OR methodologies OR techniques OR approaches	Lean healthcare AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches)	11,041
Lean healthcare AND hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities AND tools OR methodologies OR techniques OR approaches AND LIMIT-TO (SUBJAREA,"MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"NURS") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"HEAL") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"HEALT")	Lean healthcare AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA,"MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"NURS") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"HEAL") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"HEALT"))	2,764
Lean healthcare AND hospitals OR clinics OR healthcare AND organizations OR healthcare AND facilities AND tools OR methodologies OR techniques OR approaches AND LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "BUSI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "NURS") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "HEAL") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "HEALT")	("Lean healthcare" ) AND ( "hospitals" OR "clinics" OR "healthcare" AND "organizations" OR "healthcare" AND "facilities" ) AND ( "tools" OR "methodologies" OR "techniques" OR "approaches" ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MEDI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "BUSI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "NURS" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "HEAL" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "HEALT" ) )	281
TITLE-ABS-KEY (Lean healthcare) AND (hospitals OR clinics OR healthcare AND organizations OR healthcare	TITLE-ABS-KEY ( "Lean healthcare" ) AND ( "hospitals" OR "clinics" OR "healthcare" AND "organizations" OR	48

AND facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, MEDI) OR LIMIT-TO (SUBJAREA, BUSI) OR LIMIT-TO (SUBJAREA, NURS) OR LIMIT-TO (SUBJAREA, HEAL) OR LIMIT-TO (SUBJAREA, HEALT))	"healthcare" AND "facilities" ) AND ( "tools" OR "methodologies" OR "techniques" OR "approaches" ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MEDI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "BUSI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "NURS" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "HEAL" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "HEALT" ) ) Refined by: Publication years: 2023 OR 2022 OR 2021 OR 2020 OR 2019 OR 2018
---	---

Para WEB OF SCIENCE se obtuvo la información de la Tabla 2.

**Tabla 2.** Estrategia de búsqueda en WOS

Ecuaciones de Búsqueda	Ecuación tamizada	Resultados
Lean healthcare OR Lean Thinking OR Lean Management AND evaluation OR assessment OR measurement OR metrics OR indicators	Lean healthcare AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches)	503
Lean Healthcare AND methods of evaluation OR questionnaire OR measurement OR metrics OR indicators	(Lean healthcare AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches) AND (Management OR Nursing OR Hospitality OR Safety OR Healthy OR Healthcare Policy OR Medical))	461
Lean Healthcare OR Lean thinking OR Lean principles OR Lean management AND (evaluation methods OR assessment methods OR measurement methods OR process evaluation OR evaluation process AND questionnaire OR survey OR measurement instrument OR evaluation instrument	TS= (Lean healthcare AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches) AND (Management OR Nursing OR Hospitality OR Safety OR Healthy OR Healthcare Policy OR Medical))	333
Evaluation methods OR methods of evaluation OR measurement methods OR process evaluation OR evaluation process AND Lean Healthcare OR Lean thinking OR Lean principles OR Lean management AND questionnaire OR survey OR measurement instrument OR evaluation instrument	(Lean healthcare AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches) AND (Management OR Nursing OR Hospitality OR Safety OR Healthy OR "Healthcare Policy" OR Medical)) Refined by: Publication years: 2023 OR 2022 OR 2021 OR 2020 OR 2019 OR 2018	239
Lean healthcare AND hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities AND tools OR methodologies OR techniques OR approaches	TS= ("Lean healthcare") AND (TS=("hospitals") OR TS=("clinics") OR TS= ("healthcare organizations") OR TS= ("healthcare facilities")) AND (TS=("tools") OR TS=("methodologies") OR TS=("techniques") OR TS=("approaches")) Refined by: Publication years: 2023 OR 2022 OR 2021 OR 2020 OR 2019 OR 2018	25

Para Science Direct se obtuvo la información de la Tabla 3.

**Tabla 3.** Estrategia de búsqueda en Science Direct

Ecuaciones de Búsqueda	Ecuación tamizada	Resultados
Lean healthcare AND hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities AND tools OR methodologies OR techniques OR approaches	(Lean healthcare) AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches)	11,042
Lean healthcare OR Lean Thinking OR Lean Management AND evaluation OR assessment OR measurement OR metrics OR indicators	(Lean healthcare) AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches) Refined by: Publication years: 2024 OR 2023 OR 2022 OR 2021 OR 2020 OR 2019 OR 2018	5,831
Lean Healthcare AND methods of evaluation OR questionnaire OR measurement OR metrics OR indicators	ALL ("Lean Healthcare") AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches) Refined by: Publication years: 2024 OR 2023 OR 2022 OR 2021 OR 2020 OR 2019 OR 2018	57
Lean Healthcare AND hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities AND tools OR methodologies OR techniques OR approaches	ALL ("Lean Healthcare") AND (hospitals OR clinics OR healthcare organizations OR healthcare facilities) AND (tools OR methodologies OR techniques OR approaches) Refined by: Publication years: 2024 OR 2023 OR 2022 OR 2021 OR 2020 OR 2019 OR 2018 Refined by: Medicine and Dentistry, Nursing and Health	27

La búsqueda se realizó con artículos que cumplan los siguientes criterios de inclusión:

- El término LH debe estar presente en el título, resumen o palabras clave del artículo.
- El artículo debe estar relacionado con hospitales, clínicas, organizaciones de atención médica o facilidades de atención médica.
- El artículo debe abordar herramientas, metodologías, técnicas o enfoques relacionados con LH.
- El artículo debe estar categorizado en al menos una de las áreas temáticas de Medicina, Negocios, Enfermería, Salud o Ciencias de la Salud.
- El tiempo de referencia se aplica para artículos publicados desde el año 2018 al 2023.

Como criterios de exclusión se tuvieron en cuenta los siguientes:

- Estudios o informes que no estén relacionados directamente con LH
- Estudios con muestras pequeñas o no representativas.
- Estudios con un periodo de seguimiento insuficiente
- Estudios con datos incompletos o de baja calidad: Se pueden excluir estudios que tengan datos incompletos o de baja calidad que dificulten la interpretación o el análisis de los resultados.

## 2.2 Procesos de selección de estudios

Siguiendo el método de consulta, se identificaron 100 artículos de las bases de datos Scopus (48); Wos (25) y Science Direct (27). Posteriormente, se agregaron 38 artículos de la base de Pubmed, 12 de IEE y 38 de Google Scholar, obteniendo un total de 186 artículos. A continuación, al excluir 15 artículos duplicados en las bases, se obtuvo un total de 171. De estos 80 artículos no guardaban relación con el tema, quedando 91 artículos evaluados por su elegibilidad. Finalmente, se excluyen 38 artículos por obedecer a otras temáticas o con aplicación en otros sectores que no corresponden al sector salud, llegando a un total de 53 artículos. En la Figura 1 se presenta el proceso de selección de los estudios.

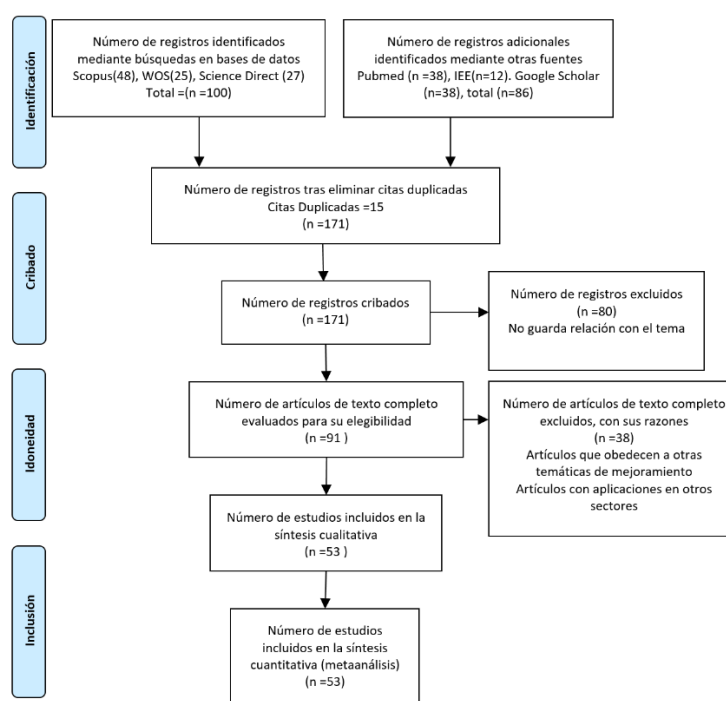


Figura 1. Selección de proceso de estudio [69]

El proceso de selección de los estudios se llevó a cabo de manera sistemática y rigurosa siguiendo criterios predefinidos. El primer paso consistió en buscar en bases de datos relevantes y fuentes como revistas

científicas, actas de conferencias y bases de datos de investigación, utilizando palabras clave y términos de búsqueda apropiados relacionados con el tema de interés. Después de la búsqueda inicial, se eliminaron los duplicados y se examinaron los títulos y resúmenes de los estudios restantes. En esta etapa, se excluyeron los estudios que no cumplían con los criterios de inclusión o que claramente no estaban relacionados con el tema de investigación. Los criterios de inclusión pueden incluir factores como la fecha de publicación, el diseño del estudio, la población, la intervención y las medidas de resultado.

El siguiente paso consistió en una revisión completa del texto de los estudios seleccionados. Cada estudio se evaluó cuidadosamente para determinar si cumplía con los criterios predeterminados para su inclusión en el análisis.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Revisión de la literatura

Se identificaron un total de 53 estudios que abordan la utilización de herramientas y métodos utilizados por la filosofía Lean Healthcare, estos se identificaron por autor, nombre del artículo, Descripción y Población objeto de estudio (Tabla 4).

**Tabla 4.** Trabajos seleccionados para el análisis

	<b>Descripción</b>	<b>Población Objeto de estudio</b>
[16]	El artículo examina la aplicación de herramientas de gestión lean en el sector de la salud. Menciona que la implementación exitosa de lean en el sector de la salud requiere habilidades de liderazgo y participación de los líderes.	La muestra incluye 15 médicos con cargos gerenciales en sus hospitales, 23 enfermeras que desempeñan roles administrativos, 9 técnicos de laboratorio que desempeñan roles administrativos y 13 gerentes de calidad.
[17]	Este artículo se centra en la evaluación de técnicas de modelado de sistemas para la identificación de desperdicios en aplicaciones de atención médica eficiente. El estudio examina diferentes técnicas de modelado de sistemas y las compara con el mapa de flujo de valor VSM en términos de identificación de desperdicios en los procesos de atención médica.	Participación de doce voluntarios que representaban a diferentes tipos de partes interesadas o proveedores de atención en la clínica. Estos incluían dos representantes de acceso de pacientes PARs, dos enfermeras, dos tecnólogos, dos gerentes, tres médicos y un coordinador de unidad de salud HUC.
[18]	El objetivo del estudio es explorar la integración de herramientas Lean y técnicas de modelado de sistemas en el campo de la atención médica para mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos	51 artículos revisados
[19]	El artículo presenta la implementación de la metodología Lean Healthcare en el servicio de Medicina Interna de un hospital público en Colombia. Se destaca que esta metodología ha permitido identificar fuentes de ineficiencia, posibilidades de mejora, indicadores clave para la toma de decisiones y mecanismos para difundir información.	Médico Especialista Enfermera Auxiliar sala de egreso Trabajadora social Auxiliar de facturación
[20]	El artículo es una revisión sistemática de la literatura sobre la implementación de Health Lean Management HLM en redes de salud locales. El objetivo principal es analizar las variables clave de las implementaciones de LM, incluyendo el contexto, las características del proyecto, el proceso de implementación, los resultados y los facilitadores.	Incluye profesionales de la salud, administradores de redes de salud, pacientes y otros actores involucrados en la implementación y ejecución de proyectos de HLM en redes de salud locales. En el artículo, se menciona que se seleccionaron un total de 70 artículos relevantes para el análisis descriptivo y de contenido
[21]	El artículo analiza la importancia de los aspectos sociotécnicos en la implementación de Lean en el sector de la salud y cómo esto puede contribuir a la sostenibilidad en términos económicos, sociales y ambientales.	La población objeto de estudio en este artículo son las organizaciones de atención médica privadas en Malasia, 187 hospitales privados
[22]	El artículo explora la implementación de la metodología de gestión Lean en hospitales privados para mejorar la eficiencia y optimizar los recursos con el fin de lograr los resultados deseados. Se discuten los factores que pueden afectar las operaciones y la rentabilidad de los hospitales privados, así como la gestión de residuos innecesarios.	La población objeto de estudio en este artículo son las organizaciones de atención médica privadas en Malasia, 187 hospitales privados
[23]	El objetivo principal de este artículo es proporcionar una comprensión clara de cómo la atención médica magra puede contribuir a mejorar el rendimiento operativo en el sector de la atención médica.	Análisis de 68 estudios.



[24]	El artículo se centra en la integración efectiva de la tecnología y el soporte de decisiones en la atención médica. propone un modelo Lean-AbPI que combina conceptos de gestión Lean con el enfoque de Integración de Procesos Basados en Actividades AbPI.	El objeto de estudio en el artículo es el proceso de atención médica en el Hospital Al-Rass en Arabia Saudita, específicamente en el contexto de la monitorización de muestras de laboratorio. Enfermera de laboratorio.
[25]	El artículo se centra en la optimización del flujo de pacientes en las unidades de atención de emergencia a través de la adopción de Single-Minute Exchange of Die SMED. Se exploran estrategias y pautas para implementar SMED en el ámbito de la salud, específicamente en las unidades de atención de emergencia	Selección de 9 artículos
[26]	Describe la aplicación de la metodología Lean como método de mejora continua de la eficiencia en un servicio de urología de un hospital terciario.	Servicio de documentación del hospital IASIST.
[27]	El artículo explora la implementación de Lean Management en el sistema de salud en Polonia e identifica los facilitadores y barreras para su implementación. Se realizó una consulta pública entre 318 representantes de grupos de interés en el sistema de salud en Polonia	318 representantes de diferentes grupos participaron en la consulta, incluyendo ejecutivos de organizaciones de atención médica, profesionales de la salud, representantes de pacientes y familiares, miembros de órganos de gobierno corporativo de organizaciones de atención médica.
[28]	El artículo es una revisión exhaustiva de la implementación de los principios Lean en la industria de la salud. Se destaca el potencial de Lean para mejorar la atención médica basada en el valor y se presentan los principales temas y desafíos en la implementación de Lean en el contexto complejo de la atención médica. E	243 artículos en el análisis temático.
[29]	El objetivo del estudio es investigar la evidencia disponible en la literatura sobre las herramientas Lean más utilizadas en el área de la salud para revisar procesos y los principales resultados logrados por los investigadores.	33 artículos completos seleccionados en el estudio mencionado en el resumen.
[30]	El artículo se centra en la aplicación de Lean Healthcare en la actividad de alojamiento en camas en el proceso de entrada a la clínica médica	No se determina población específica en el estudio, se analizan los desperdicios en la acomodación de las camas (509).
[31]	El propósito de esta investigación es utilizar la teoría de la paradoja para investigar en mayor profundidad cómo gestionar las tensiones culturales en una organización de atención médica que implementa lean	Este estudio de caso se llevó a cabo en un hospital especializado privado con dos unidades en Brasil. 150 empleados de todos los niveles, departamentos y unidades de la organización.
[32]	El artículo es una revisión integrativa que analiza las evidencias científicas en la literatura sobre la evaluación del Lean Healthcare después de su implementación. Se realizaron búsquedas en las bases de datos CINAHL, Scopus, WOS, Embase y en el portal PubMed	8 artículos publicados en inglés, español y portugués entre 2008 y 2019
[33]	El artículo tiene como objetivo abordar los problemas en el flujo de pacientes y identificar las razones detrás de los largos tiempos de espera en una clínica externa de trasplante de hígado en un hospital educativo e investigativo.	Los profesionales entrevistados eran un médico, una enfermera, un psicólogo y el secretario del servicio, todos ellos involucrados directamente en la atención de los pacientes en la unidad externa.
[34]	En el estudio se utilizó la metodología Lean para diseñar un nuevo entorno en una clínica de oftalmología con el objetivo de mejorar la gestión de pacientes que reciben inyecciones intravítreas para enfermedades oculares.	Pacientes que recibieron tratamiento en el Centro de Inyección Intravítrea (IVIC) desde noviembre de 2017 hasta junio de 2019. Se recopilaron datos prospectivamente de 1902 pacientes (2331 ojos).
[35]	Esta revisión de alcance tiene como objetivo sintetizar la evidencia sobre los efectos de las prácticas de gestión Lean en los profesionales de la salud de primera línea.	Personal de atención médica de primera línea. De 998 artículos identificados ,se revisaron 17 artículos .
[36]	La investigación desarrolla una comprensión teórica de cómo las organizaciones pueden mantener lean en atención médica, a través de un marco práctico e innovador para evaluar el nivel de madurez de lean en atención médica que puede ser utilizado tanto por profesionales como por académicos	238 artículos identificados de 75 diferentes revistas, revisando al final un total de 52 artículos.El estudio de caso comparativo se realizó en seis hospitales diferentes con diferentes tamaños y tipos de servicios.
[37]	El artículo aborda los desafíos que enfrenta la implementación de prácticas lean en el sistema de atención médica. A través de un estudio de caso exploratorio, se identifican barreras y facilitadores subyacentes que afectan la implementación y sostenibilidad de lean en el ámbito de la salud	37 interviews.
[38]	El artículo proporciona una revisión exhaustiva sobre el papel del mapeo del flujo de valor en los servicios de atención médica. Se explora cómo la implementación de Lean healthcare puede mejorar los procesos y la calidad de los servicios en el sector de la salud	80 artículos.

[39]	El artículo aborda la implementación de mejoras Lean en entornos de atención médica, específicamente en un centro de atención primaria. El objetivo del estudio es presentar un modelo que pueda mejorar la eficiencia y efectividad en estos entornos.	El director médico del área de salud básica, y también incluía otros roles como el promotor de mejora, el promotor y facilitador, el coordinador de enfermeras y el equipo de administración y posiciones auxiliares.
[40]	El artículo presenta un marco de evaluación de la eficiencia en instituciones de atención médica utilizando lógica difusa. El objetivo es proporcionar una comprensión integral de la eficiencia en entornos de atención médica	Doctores Administradores Enfermeras
[41]	El artículo es una revisión bibliométrica que examina la aplicación del enfoque Lean Healthcare en Brasil.	Revisión de 66 artículos.
[42]	El propósito de este estudio fue abordar las dificultades relacionadas con la satisfacción del paciente en los procesos de registro y check-in. Los principios Lean fueron esenciales para analizar y mejorar la satisfacción del paciente en un hospital en Montana. Las clínicas involucradas en el estudio incluyeron pediatría P, medicina interna IM y cardiología/neumología CP.	Hospital en Montana, y las clínicas involucradas en el estudio incluyeron pediatría, medicina interna y cardiología/neumología. 4,506 impressions were collected.
[43]	El artículo analiza el proceso de implementación del lean healthcare en tres hospitales brasileños que fueron pioneros en la aplicación de este sistema. Se utilizó un enfoque de estudio de caso y se recopilaron datos a través de entrevistas, análisis documental y observación. Los resultados muestran similitudes en los flujos de pacientes, materiales e información en los tres hospitales.	Tres Hospitales.
[44]	El artículo discute un nuevo proceso llamado Lean Healthcare Systems Engineering LHSE que ha sido desarrollado para mejorar los flujos de trabajo en el cuidado de la salud y diseñar nuevos cuidados. LHSE se compara con iniciativas anteriores de calidad como PDSA, TQM, Six Sigma, Lean, Theory of Constraints y otras.	Comparación de sistemas de mejoramiento en ingeniería.
[45]	El artículo presenta formas seleccionadas de desarrollar la gestión en instituciones médicas en Polonia con la ayuda de Lean Management. El autor se centra en los procesos de cambios en hospitales clínicos que incluyen el manejo de tareas especiales en el sistema de atención médica, la diversidad de tareas, la tecnología médica, la diversidad de relaciones con el entorno, la financiación de varias fuentes diferentes y los límites de los recursos.	80 independent public health care facilities.
[46]	El artículo proporciona un resumen de la implementación de Lean Healthcare en hospitales especializados de Malasia. Se discuten los desafíos enfrentados durante la implementación, así como la evaluación del rendimiento de las iniciativas Lean.	Los 36 hospitales especializados principales y secundarios dentro del Ministerio de Salud (MOH) están ubicados en todo el país, en la península de Malasia y en Malasia Oriental. gerencia hasta el personal de apoyo, incluidos médicos, oficiales médicos asistentes, enfermeras, personal administrativo y gerencial de alto nivel.
[47]	El estudio se centra en la implementación de Lean Healthcare en el hospital Panti Rapih y cómo los empleados adoptan los principios de Lean Healthcare en su trabajo diario. El objetivo del estudio es comprender hasta qué punto los empleados han adoptado la implementación de Lean Healthcare en su trabajo diario y cómo se está construyendo una cultura Lean en el hospital.	Se identificaron siete unidades que ya habían implementado la gestión Lean: radiología, finanzas, relaciones públicas, gestión de recursos humanos, logística e inventario, sala de pacientes de cuidados Lukas 2 y sala de pacientes de cuidados Lukas 3.
[48]	El artículo tiene como objetivo revisar sistemáticamente la implementación de herramientas y técnicas Lean aplicadas a áreas organizativas hospitalarias en un período de 5 años, entre 2014 y 2018, complementando algunas de las revisiones más relevantes ya publicadas. Los criterios más importantes, como herramientas, métodos y principios, áreas hospitalarias intervenidas, mejoras y dificultades, fueron evaluados y cuantificados.	Lean aplicadas a áreas organizativas hospitalarias en un período de 5 años, entre 2014 y 2018, complementando algunas de las revisiones más relevantes ya publicada (58 artículos relacionados con la implementación de Lean en entornos de atención médica).
[49]	Se realizó una Revisión Sistemática de la Literatura SLR, que incluyó una búsqueda de artículos sobre Lean Healthcare publicados en inglés entre 2014 y 2020. La búsqueda se realizó en bases de datos como Web of Science, Scopus y Compendex. Se eliminaron los artículos duplicados y se analizaron los registros restantes.	Analizar cómo se están utilizando las herramientas Lean en el ámbito de la salud y cuáles son sus resultados, incluyendo aquellos relacionados con la humanización.
[50]	Analizar cómo se dio el proceso de implementación del lean healthcare en tres hospitales brasileños que desempeñaron un papel pionero en la aplicación de dicho sistema. Se utilizó el abordaje metodológico del estudio de caso, y se adoptaron como técnicas de recolección de datos entrevistas, análisis documental y observación.	Implementación del Lean healthcare en tres hospitales brasileños y describe el proceso y las técnicas utilizadas en detalle.

[51]	El artículo es un estudio exhaustivo que aborda la necesidad de un benchmarking confiable y proporciona un marco conceptual para la evaluación del rendimiento en entornos de atención médica Lean.	Los 22 artículos incluidos en el estudio fueron examinados utilizando dos categorizaciones diferentes.
[52]	Estudio de validación del Instrumento de Autoevaluación de Implementación de Lean Healthcare LHISI en el contexto de la atención médica en Finlandia. El LHISI es una herramienta que permite a las organizaciones de atención médica evaluar la madurez de su implementación de Lean y monitorear su cambio a lo largo del tiempo.	Un total de 6073 empleados respondieron a la encuesta LHISI, lo que representa una tasa de respuesta general del 23%.
[53]	El artículo analiza la implementación de principios Lean en el sistema de atención médica de Skaraborgs Sjukhusgrupp. El estudio examina cómo se aplicaron herramientas y técnicas Lean específicas en el hospital y cómo esto afectó la eficiencia de los procesos, la satisfacción del paciente y los tiempos de espera.	Implementación de principios Lean en el sistema de atención médica de Skaraborgs Sjukhusgrupp.
[54]	El documento explora el papel de los factores contextuales y la estrategia de introducción en la adopción de la metodología Lean en hospitales. Se presenta un estudio de caso realizado en un hospital del sur de Italia, donde se introdujo con éxito la metodología Lean en la atención de pacientes con cáncer. Los resultados destacan mejoras significativas en los procesos y el impacto positivo de una cultura de cambio dentro de la organización.	Caso de estudio en un hospital del sur de Italia y se basa en la recopilación de informes de pacientes y entrevistas con el personal médico. cuestionario a 25 miembros del personal del departamento médico en septiembre de 2018 y en mayo de 2020. El primer cuestionario se centró en los factores contextuales que existían antes.
[55]	El artículo describe un proyecto de mejora de calidad en un hospital del Reino Unido, enfocado en mejorar la velocidad y calidad del alta de pacientes frágiles en dos salas. Se utilizó una aproximación de mejora basada en Lean, como parte de una iniciativa nacional para fomentar la mejora continua en el hospital. El objetivo del proyecto era mejorar la proporción de altas antes del mediodía al 33% del total de pacientes dados de alta cada día.	Pacientes frágiles en dos salas del hospital.
[56]	El artículo tiene como objetivo proporcionar información sobre el potencial de la metodología Lean en organizaciones de atención médica para la sostenibilidad ambiental. Se trata de un estudio conceptual que analiza la capacidad intrínseca de la metodología Lean para reducir la huella ambiental en organizaciones de atención médica.	Aplicación de la metodología Lean en organizaciones de atención médica en diferentes países, incluyendo Brasil, India, Estados Unidos y otros países.
[57]	El artículo revisa la literatura existente sobre la aplicación de la metodología Lean en organizaciones de atención médica. El artículo discute los beneficios y resultados de la implementación de la metodología Lean en organizaciones de atención médica, incluyendo la reducción de los tiempos de espera, los errores y los costos, así como la mejora de la satisfacción del paciente y del personal y la seguridad del paciente.	El artículo revisa la literatura existente sobre la aplicación de la metodología Lean en diferentes países y contextos, y discute los beneficios y resultados de su implementación en organizaciones de atención médica.
[58]	Objetivo es enriquecer el conocimiento sobre la aplicación de la gestión Lean en los departamentos de emergencia, estructurando la metodología para implementar proyectos Lean y resumiendo las dimensiones relevantes de la adopción de Lean en los departamentos de emergencia.	Una revisión sistemática de la literatura, extrayendo una base de datos de 34 artículos.
[59]	Describe una revisión sistemática que tuvo como objetivo evaluar los efectos de la atención médica magra (LH) en el flujo de pacientes en la atención ambulatoria y determinar si el tiempo de espera y la duración de la estadía LOS disminuyen después de las intervenciones de LH. La revisión siguió las directrices de los Informes Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis PRISMA y buscó estudios de organizaciones de atención médica que aplicaron intervenciones de LH en la atención ambulatoria publicados entre 2002 y 2018. La revisión incluyó 40 estudios de 5627.	La revisión buscó estudios de organizaciones de atención médica que aplicaron intervenciones de atención médica magra (LH) en la atención ambulatoria publicados entre 2002 y 2018. La revisión incluyó 40 estudios de 5627.
[60]	El impacto de las prácticas Lean y las tecnologías digitales DTs en la atención médica no está claro. El estudio tiene como objetivo evaluar los efectos de estas intervenciones y proporcionar una comprensión completa de su dinámica en entornos de atención médica.	Por lo tanto, se revisaron 1015 + 813 + 174 = 2002 estudios en total, y se incluyeron 28 estudios para la revisión sistemática.
[61]	El artículo describe el proceso de búsqueda de información y revisión de artículos relevantes, y presenta estadísticas sobre la implementación de Lean en el sector de la salud. También se discuten los desafíos y beneficios de la implementación de Lean Healthcare, así como las herramientas y medidas utilizadas para evaluar su éxito.	Se analizaron 37 artículos relevantes publicados entre 2006 y 2017 que cumplían con los criterios de búsqueda y revisión del estudio. Estos artículos fueron seleccionados de un total de 267 artículos sobre Lean Healthcare.

[62]	Es una revisión sistemática que evalúa los efectos de las intervenciones de LH en la atención hospitalaria y determina si mejoran los resultados de eficiencia y flujo de pacientes. Realizaron búsquedas en seis bases de datos para estudios entre 2002 y 2019, y se incluyeron 39 estudios que midieron resultados definidos.	Estudios publicados entre 2002 y 2019, y se incluyeron 39 estudio.
[63]	El artículo describe cómo un equipo central de personal de primera línea mejoró el proceso de alta en las organizaciones de atención médica. El equipo logró reducir el tiempo entre la entrada de órdenes de alta en la computadora y la salida del paciente de la unidad a menos de 60 minutos, con un cumplimiento del 80.	49 hospitales pediátricos participantes.
[64]	El objetivo del artículo es sintetizar la evidencia sobre los efectos de las prácticas de gestión Lean en los profesionales de la salud de primera línea.	17 artículos evaluados. Población objeto de estudio son los trabajadores de primera línea en el sector de la salud, como médicos, enfermeras, técnicos de laboratorio, personal de limpieza, entre otros.
[65]	El artículo presenta un estudio sobre la aplicación de Lean Thinking en un hospital mexicano para mejorar el proceso de alta de pacientes. El enfoque de Lean Thinking se centra en la eliminación de desperdicios y la creación de valor para los clientes utilizando menos recursos.	La población objetivo de este estudio es el Departamento de Medicina Interna de un centro médico académico público de 250 camas ubicado en el centro-norte de México.
[66]	Ilustra el enfoque de Lean a través de un estudio de caso en el cual pacientes con ataques cardíacos, dispersos en diferentes ubicaciones, fueron transportados a un hospital de tratamiento central en un programa coordinado a nivel del sistema de respuesta rápida.	Transporte de pacientes con ataques cardíacos a un hospital de tratamiento central.
[67]	El artículo presenta un enfoque de estudio de caso para demostrar cómo se puede integrar la filosofía de Lean Six Sigma para mejorar la productividad de las cadenas de suministro de atención médica en Sri Lanka.	La población son las partes interesadas de tres hospitales principales en Sri Lanka: el Hospital Nacional de Sri Lanka, el Hospital de Enseñanza del Norte de Colombo y el Hospital de Enseñanza del Sur de Colombo. Los stakeholders incluyen médicos, enfermeras, técnicos de laboratorio médico, radiógrafos, fisioterapeutas, farmacéuticos, estudiantes de medicina y pacientes.
[68]	Describe los principios de la gestión lean y cómo aplicarla en el sector salud, así como la participación del personal en el proceso.	El estudio se llevó a cabo en la unidad de sueño del hospital público durante un período de ocho meses.

### 3.2 Enfoques de la aplicación de la filosofía LH

Del análisis desarrollado se determinó la asociación de 10 grupos de estudios en torno a la Filosofía LH. Estos grupos proporcionan una visión general de los diferentes aspectos del LH, incluyendo la implementación, los enfoques metodológicos, los efectos y el impacto en la atención médica.

1. *Enfoque en aplicación de técnicas del modelado de sistemas* [16, 18]. Este grupo se enfoca en la aplicación de técnicas de modelado de sistemas en el contexto del LH. [16] presenta un enfoque de gestión lean aplicado a la ingeniería en el sector de la salud, mientras que [18] ofrece una revisión de la implementación de estas técnicas en aplicaciones lean en el ámbito de la salud.
2. *Procesos Lean en diferentes áreas de atención médica* [17, 24, 30, 34]. En este grupo se exploran los procesos lean en diferentes áreas de la atención médica. [17] se centra en la evaluación de técnicas de modelado de sistemas para identificar desperdicios en aplicaciones lean en el ámbito de la salud. Por otro lado, [24], [30] y [34] describen la implementación de LH en áreas específicas, como la integración efectiva de tecnología en los procesos, la gestión de camas en una clínica médica de tamaño mediano y el diseño de un centro de inyección intravítrea respectivamente.
3. *Aplicación de LH en servicios específicos hospitalarios* [19, 26]. Este grupo se centra en la aplicación de LH en servicios específicos dentro de las instituciones hospitalarias. [19] describe el desarrollo de la metodología LH en el servicio de medicina interna de una institución hospitalaria de carácter público, mientras que [26] presenta la aplicación de la metodología LH en un servicio de urología de un hospital terciario como herramienta de mejora de la eficiencia.
4. *Revisión sistemática y lecciones aprendidas de la implementación* [20, 28, 43, 50]. Este grupo se enfoca en la revisión sistemática y las lecciones aprendidas de la implementación de LH en diferentes contextos. [20] presenta una revisión sistemática de la implementación de LH en redes locales de salud, [28] ofrece

una revisión exhaustiva sobre la aplicación de lean en el sector de la salud, [43] comparte experiencias y lecciones aprendidas de la implementación de LH en hospitales brasileños, y [50] proporciona una revisión sistemática de la implementación de LH en Brasil.

5. *Aspectos socio técnicos y de sostenibilidad* [21, 22, 56]. Este grupo examina los aspectos socio técnicos y de sostenibilidad en el contexto del LH. [21] aborda los aspectos socio técnicos de lean y sostenibilidad en el ámbito de la salud, [22] propone un marco de trabajo para lograr la sostenibilidad a través de la aplicación de LH en hospitales privados y [56] explora las oportunidades de sostenibilidad ambiental en las organizaciones de atención médica mediante la implementación de lean.
6. *Mejora del rendimiento operativo y superación de barreras* [23, 35-38, 48]. Este grupo se centra en la mejora del rendimiento operativo y la superación de barreras en el contexto del LH. [23] revisa las dimensiones y relaciones entre el rendimiento operativo y el LH en el sector de la salud, [35] analiza el impacto del LM en los profesionales de la salud de primera línea, [36] propone un marco de trabajo para evaluar y mantener mejoras continuas en LH, [37] identifica barreras emergentes en la implementación de LH, [38] examina el papel del mapeo del flujo de valor en los servicios de salud y [48] ofrece una actualización de revisiones sistemáticas sobre la implementación de lean en entornos de atención médica.
7. *Optimización del flujo de pacientes y la mejora de tiempos* [25, 33, 43, 63]. Este grupo se enfoca en la optimización del flujo de pacientes y la mejora de los tiempos de atención en el contexto del LH. [25] presenta la adopción de la metodología SMED para optimizar el flujo de pacientes en las unidades de atención de emergencia, [33] explora el uso de técnicas de LH para reducir los tiempos de citas médicas, [43] comparte experiencias y lecciones aprendidas de la implementación de LH en hospitales brasileños y [63] describe el uso de LH para mejorar la eficiencia hospitalaria y reducir la duración de la estancia.
8. *Implementación de Lean en diferentes entornos y países* [27, 40, 46]. Este grupo se centra en la implementación de LH en diferentes entornos y países. [27] presenta los resultados de una consulta pública sobre la capacidad de implementar LM en el sistema de salud de Polonia, [40] propone un modelo matemático para evaluar la implementación del pensamiento lean en instituciones de salud y [46] analiza la implementación de LH en hospitales especializados de Malasia, junto con los desafíos y la evaluación del rendimiento.
9. *Evaluación de los efectos y el impacto del Lean en la atención médica* [29, 49, 59, 60, 62]. Este grupo se centra en la evaluación de los efectos y el impacto del LH en la atención médica. [29] proporciona una revisión integradora de herramientas utilizadas para evaluar procesos en el contexto de LH, [49] realiza una revisión sistemática y meta-análisis del uso de métodos y herramientas lean en los servicios de salud, [59] ofrece una revisión sistemática de los efectos del LH en el flujo de pacientes, [60] presenta una revisión sistemática de los efectos de las intervenciones lean respaldadas por tecnologías digitales en los servicios de atención médica, y [62] evalúa el impacto del LH en la atención hospitalaria a través de una revisión sistemática.
10. *Modelos, marcos de trabajo y estrategias para la implementación de LH* [39, 45, 54, 58, 68]. Este grupo se centra en los modelos, marcos de trabajo y estrategias para la implementación de LH. [39] presenta un modelo para la implementación de mejoras lean en entornos de atención médica, [45] explora cómo el LM puede mejorar la gestión del cambio en organizaciones de atención médica, [54] examina el papel de los factores contextuales y la estrategia de introducción en la adopción de lean en hospitales, [58] propone un marco de trabajo para guiar la implementación de LM en los departamentos de emergencia y [68] explora cómo la implementación del lean LM puede aumentar la competitividad en el sector de la atención médica.

### 3.3 Población objeto de estudio

La población objeto de estudio en cada uno de los trabajos mencionados, incluyen una variedad de poblaciones, como médicos, enfermeras, técnicos de laboratorio, gerentes, voluntarios, pacientes y otros

actores involucrados en la atención médica. Los estudios abarcan desde revisiones de artículos hasta análisis temáticos y encuestas. Algunos estudios se centran en hospitales específicos (13 artículos), mientras que otros exploran implementaciones de Lean Healthcare en países o regiones particulares (3 artículos). También se mencionan aspectos como la participación de partes interesadas, la aplicación de Lean en áreas organizativas y el análisis de desperdicios en la atención médica. En general, estos trabajos ofrecen una visión amplia y diversa de la aplicación de Lean en diferentes contextos y poblaciones dentro del ámbito de la atención médica.

### 3.4 Herramientas más utilizadas en Lean Healthcare en unidades de salud

Las herramientas más utilizadas en la implementación de LH son Value Stream Mapping, Kaizen y 5S. Estas herramientas son utilizadas en conjunto para mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos de atención médica, reducir los costos y mejorar la satisfacción del paciente. La implementación exitosa de estas herramientas requiere habilidades de liderazgo y participación activa de los líderes, así como la colaboración y el compromiso de todo el equipo de atención médica.

A continuación, se presentan las herramientas o metodologías más empleadas de Lean en los diferentes estudios analizados, se seleccionaron las de mayor utilización en cada uno de los estudios.

- Mapa de flujo de valor (VSM): [17-20, 22-25, 27, 29, 31-35, 37-42, 48-50, 53, 55-57, 59-63, 65, 67, 68]. Esta técnica se utiliza para visualizar y analizar los flujos de trabajo y los procesos de una organización, identificando y eliminando desperdicios y mejorando la eficiencia.
- Kaizen: [19, 23, 26, 27, 31, 33, 39, 41, 43, 44, 46, 49, 51, 55, 56, 62]. Se trata de una técnica de mejora continua que se enfoca en la identificación y eliminación de desperdicios, así como en la mejora continua de los procesos.
- Kanban: [22, 23, 27, 29, 41, 45, 48, 56]. Se utiliza para gestionar y controlar el flujo de trabajo y los materiales en un proceso de producción.
- Diagrama de Ishikawa: [20, 29, 30, 39, 42, 54, 55, 62]. Esta técnica se utiliza para identificar las causas raíz de un problema, analizando diferentes categorías que podrían estar contribuyendo al mismo.
- Jidoka: [22, 41, 45, 48, 54]. Se refiere a la automatización con control humano, deteniendo la producción cuando se detecta un problema o anomalía.
- Justo a Tiempo: [19, 22, 41, 45, 48]. Se enfoca en la producción y entrega de productos o servicios justo en el momento en que se necesitan, evitando el desperdicio y mejorando la eficiencia.
- Poka-yoke: [20, 27, 43, 48, 50]. Se refiere a la implementación de mecanismos o dispositivos para prevenir errores o defectos en un proceso.
- Trabajo en equipo: [21, 32, 43, 48, 55]. Se refiere a la colaboración y cooperación entre los miembros del equipo para lograr los objetivos de mejora.
- 5S: [16, 23, 41, 49]. Esta técnica de organización y limpieza tiene como objetivo mejorar la eficiencia y la seguridad mediante la clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina en el lugar de trabajo.
- Lean Six Sigma: [28, 34, 44, 67]. Combina las metodologías Lean y Six Sigma para lograr la mejora continua y la reducción de la variabilidad en los procesos.
- Análisis de causa raíz: [23, 33, 54]. Se utiliza para identificar y abordar las causas fundamentales de un problema, evitando su recurrencia.
- Plan, Do, Check, Act / Plan, Do, Study, Act PDCA/PDSA: [33, 44, 48]. Es un ciclo de mejora continua que involucra la planificación, ejecución, verificación y ajuste de los procesos.
- Standard work: [48, 51]. Se refiere a la estandarización de los procesos y tareas para lograr la consistencia y la mejora continua.

Las herramientas priorizadas en la filosofía Lean Healthcare se presentan de mayor a menor utilización en los diferentes estudios analizados (Tabla 5).

**Tabla 5.** Técnicas priorizadas en los estudios de Lean

Técnica	Estudios
Mapa de flujo de valor VSM	[17-20, 22-25, 27, 29, 31-35, 37-42, 48-50, 53, 55-57, 59-63, 65-68]
Kaizen (Mejora continua)	[19, 23, 26, 27, 31, 33, 39, 41, 43, 44, 46, 49, 51, 55, 56, 62]
Diagrama de Ishikawa	[20, 23, 29, 30, 33, 39, 54, 62]
Análisis de flujo de valor VSM	[17, 18, 23, 27, 33, 49, 52, 60]
Kanban	[22, 23, 27, 29, 41, 45, 48, 56]
Jidoka	[22, 41, 45, 48, 54]
Justo a Tiempo	[19, 22, 41, 45, 48]
Poka-yoke	[20, 27, 43, 48, 50]
Trabajo en equipo	[21, 32, 43, 48, 55]
5S	[16, 23, 41, 49]
Diagrama de espina de pescado	[20, 42, 54, 55]
Lean Six Sigma	[28, 34, 44, 67]
Plan, Do, Check, Act / Plan, Do, Study, Act PDCA/PDSA	[23, 33, 48]
Gráficos de espagueti	[34, 41]
Creación de valor	[31, 55]
Control visual	[23, 41]
Standard work	[48, 51]
Análisis de datos	[20, 29]
Standard work	[48, 51]
Hoshin Kanri	[48]
Total Productive Maintenance TPM	[48]
Resolución de problemas	[21]
Lean thinking	[28]
Multidisciplinary task training	[25]
Balanceo	[41]
Análisis de tiempo y movimiento	[54]
Aprendizaje	[31]
Layout	[42]
Observaciones directas	[42]
Producción de flujo	[48]
Reducción de desperdicios	[31]
Talleres de mejora continua	[55]
Análisis de proveedores, entradas, procesos, salidas, clientes SIPOC	[29]
Digitalización	[34]
Entrevistas	[20]
Enfoque flexible	[31]
Go to Gemba	[48]
Lean audit tools	[36]
Mapa conceptual	[42]
Plan-Do-Study-Act	[44]
Planificación y organización	[31]
Trabajo estandarizado	[33]
(Voice of Business, Voice of Customer, Critical to Quality VOC, VOB, CTQ	[48]
Zero defect quality control	[43]

### 3.5 Desperdicios identificados en las implementaciones de LH

Realizando una depuración de los diferentes documentos analizados se identifican diferentes tipos de desperdicios en el contexto de Lean en las organizaciones de salud. A continuación, se realiza una contextualización de cada uno de los desperdicios junto con sus respectivos trabajos relacionados.

- **Inventario:** Se refiere a mantener un exceso de suministros, medicamentos o equipos almacenados. Esto puede generar costos adicionales, ocupar espacio innecesario y dificultar la gestión adecuada de los recursos. Los trabajos relacionados incluyen [16-18, 20-24, 27, 28, 32, 41, 44, 49, 50, 52, 54-56].
- **Sobreproducción:** Implica producir más de lo necesario o antes de lo necesario. Esto puede llevar a un uso ineficiente de recursos, exceso de trabajo y tiempos de espera prolongados. Los trabajos relacionados incluyen [16-18, 20-23, 27, 32, 41, 44, 49, 52, 56-58, 61].

- Defectos: Hace referencia a errores o fallas en los procesos que requieren retrabajo o corrección. Esto puede afectar negativamente la calidad de la atención y generar costos adicionales. Los trabajos relacionados incluyen [16, 20, 23, 26, 29, 32-35, 41, 44, 49, 54, 57, 58].
- Sobreprocesamiento: Se refiere a realizar más trabajo del necesario o procesar más allá de los requisitos del cliente. Esto puede resultar en un uso ineficiente de recursos y tiempo. Los trabajos relacionados incluyen [16-18, 20-22, 32, 41, 44, 49, 52, 56, 57, 58].
- Movimiento: Implica movimientos innecesarios de pacientes, personal o suministros. Esto puede causar retrasos y desperdiciar tiempo y energía. Los trabajos relacionados incluyen [16-18, 20-22, 32, 41, 44, 49, 52, 56-58].
- Mala calidad: Se refiere a errores o problemas que afectan la calidad de la atención médica. Esto puede tener un impacto negativo en la seguridad y satisfacción del paciente. Los trabajos relacionados incluyen [16, 20, 23, 33, 39, 44, 45, 49, 54-56, 59, 61].
- Espera: Implica tiempos de espera innecesarios, ya sea para pacientes, personal o recursos. Esto puede generar retrasos y afectar la eficiencia en los procesos. Los trabajos relacionados incluyen [16-18, 32, 33, 44, 49, 56-58].
- Transporte: Hace referencia a movimientos innecesarios de materiales, pacientes o personal. Esto puede generar gastos adicionales y aumentar la complejidad de los procesos. Los trabajos relacionados incluyen [16-18, 22, 32, 41, 49, 55-58].
- Desperdicio de tiempo: Se refiere a cualquier actividad o proceso que no agrega valor y consume tiempo innecesariamente. Esto puede afectar la productividad y eficiencia en la atención médica. Los trabajos relacionados incluyen [29, 30, 45, 48].
- Comunicación defectuosa: Implica problemas de comunicación que pueden generar confusiones, errores y falta de coordinación en los procesos de atención médica. Los trabajos relacionados incluyen [20, 42].
- Potencial humano desaprovechado: Hace referencia a no aprovechar las habilidades y conocimientos del personal de atención médica. Esto puede afectar la eficiencia y la satisfacción laboral. Los trabajos relacionados incluyen [18, 44].
- Desperdicio de habilidades: Se refiere a no utilizar de manera óptima las habilidades y conocimientos del personal, lo cual afecta la calidad y eficiencia de la atención. El trabajo relacionado incluye [17].
- Desperdicio de equipos: Implica el uso ineficiente o innecesario de equipos y aparatos médicos, lo cual puede generar gastos adicionales y afectar la calidad de la atención. El trabajo relacionado incluye [45].
- Desperdicio de dinero: Hace referencia a la utilización ineficiente de recursos financieros en las organizaciones médicas, lo cual puede generar costos adicionales y afectar la sostenibilidad económica. El trabajo relacionado incluye [45].
- Duplicación de búsquedas: Se refiere a la repetición de búsquedas o procesos de información, lo cual puede generar pérdida de tiempo y esfuerzo innecesarios. El trabajo relacionado incluye [20].
- Visitas adicionales: Implica la necesidad de realizar visitas adicionales a diferentes ubicaciones para obtener resultados médicos, lo cual puede generar retrasos y complicaciones en la atención. El trabajo relacionado incluye [20].

Se presentan los desperdicios o mudas en los procesos hospitalarios de mayor a menor representación en los estudios analizados (Tabla 6).



**Tabla 6.** Desperdicios priorizados en los estudios

Desperdicios	Trabajos relacionados
Inventario	[16-18, 20-24, 27, 28, 32, 41, 44, 49, 50, 52, 54-56]
Sobreproducción	[16-18, 20, 21, 23, 27, 32, 41, 44, 49, 52, 56-58, 61]
Defectos	[16, 20, 23, 26, 29, 32, 33-35, 41, 44, 49, 54, 57, 58]
Sobreprocesamiento	[16-18, 20-22, 32, 41, 44, 49, 52, 56-58]
Movimiento	[16-18, 20-22, 32, 41, 44, 49, 52, 56-58]
Mala calidad	[16, 20, 23, 33, 39, 44, 45, 49, 54, 55, 56, 59, 61]
Espera	[16-18, 32, 33, 44, 49, 56-58]
Transporte	[16-18, 22, 32, 41, 49, 55, 57, 58]
Desperdicio de tiempo	[29, 30, 45, 48]
Comunicación defectuosa	[20, 42]
Potencial humano desaprovechado	[18, 44]
Desperdicio de habilidades	[17]
Desperdicio de equipos	[45]
Desperdicio de dinero	[45]
Duplicación de búsquedas	[20]
Visitas adicionales	[20]
Referencias múltiples	[20]
Distancia de orientación	[42]
Interrupciones del servicio	[42]
Desperdicio de recursos	[48]
Problemas de cultura	[48]
Ineficiencia y falta de productividad	[48]
Falta de coordinación	[58]
Falta de comunicación	[58]
Falta de capacitación	[58]
Falta de recursos	[58]

### 3.6 Beneficios de las implementaciones de LH

LH ofrece numerosos beneficios para las organizaciones de salud. Se enfoca en la reducción de costos, mejorando la eficiencia y la calidad de atención médica. Además, busca reducir los tiempos de espera, mejorar la satisfacción del paciente y del personal, y aumentar la seguridad del paciente. También se centra en la reducción de errores, la mejora en la gestión de recursos y la promoción de la comunicación y colaboración efectivas. Todo esto conduce a una mayor productividad, una reducción de desperdicios y una sostenibilidad económica, social y ambiental. En resumen, Lean Healthcare proporciona un enfoque integral para optimizar los procesos de atención médica y mejorar los resultados en las organizaciones de salud. Entre los hallazgos de la literatura se encuentran los siguientes beneficios.

- Reducción de costos: El Lean Healthcare se relaciona con la reducción de costos en las organizaciones de salud. Esto se logra mediante la identificación y eliminación de desperdicios y la mejora de la eficiencia en los procesos [16, 28, 38, 44, 49, 56].
- Mejora en la eficiencia: El Lean Healthcare busca optimizar los procesos y eliminar actividades que no agregan valor. Esto conduce a una mayor eficiencia en la atención médica [16, 20, 21, 25, 29, 33, 39, 44, 45, 54, 55, 58, 60, 62].
- Mejora en la calidad de atención: El enfoque en la mejora continua y la eliminación de errores contribuye a mejorar la calidad de atención médica [16, 20, 23, 33, 39, 42, 44, 45, 49, 54, 55, 56, 59, 61].
- Reducción de tiempos de espera: Mediante la optimización de los procesos y la eliminación de desperdicios, el Lean Healthcare puede reducir los tiempos de espera en la atención médica [21, 25, 29, 33, 41, 49, 55, 59].
- Mejora en la satisfacción del paciente: Al reducir los tiempos de espera, mejorar la calidad de atención y la eficiencia en los procesos, el Lean Healthcare puede contribuir a una mayor satisfacción del paciente [20, 21, 23, 33, 41, 49, 55, 59].
- Mejora en la satisfacción del personal: El Lean Healthcare puede ayudar a mejorar la satisfacción y el compromiso del personal médico al simplificar los procesos y reducir la carga de trabajo [26, 44, 49, 55, 59].

- Mejora en la seguridad del paciente: El enfoque en la eliminación de errores y la mejora de los procesos también contribuye a una mayor seguridad del paciente [23, 28, 44, 49, 54].
- Reducción de errores: El Lean Healthcare se enfoca en la identificación y eliminación de errores en la atención médica, lo que lleva a una reducción de los mismos [23, 26, 33, 49, 54].
- Mayor productividad: El Lean Healthcare puede aumentar la productividad al reducir el tiempo de cambio de herramientas y mejorar los procesos de atención médica [25, 44, 51].
- Reducción de desperdicios: El Lean Healthcare se enfoca en la identificación y eliminación de desperdicios en los procesos de atención médica, lo que conduce a una mayor eficiencia y reducción de costos [25, 28, 36, 40, 50, 56].
- Mejora en la gestión de recursos: El Lean Healthcare puede ayudar a mejorar la gestión de los recursos materiales y humanos en las organizaciones de salud [22, 24, 38, 54].
- Mejora en la comunicación y colaboración: El Lean Healthcare puede promover una mejor comunicación y colaboración entre los miembros del equipo de atención médica, lo que mejora la eficiencia y la calidad de atención [42, 55].
- Sostenibilidad económica: El Lean Healthcare puede contribuir a una mayor sostenibilidad económica al reducir costos y gestionar de manera más eficiente los recursos [39].
- Sostenibilidad social: El Lean Healthcare puede contribuir a una mayor sostenibilidad social al mejorar los circuitos internos de trabajo y reducir el nivel de estrés laboral [39].
- Sostenibilidad ambiental: El Lean Healthcare puede tener un impacto secundario en la sostenibilidad ambiental al minimizar la exposición a riesgos biológicos y mejorar el medio ambiente [39, 54].

En la Tabla 7 se lista la agrupación de los beneficios obtenidos de mayor a menor frecuencia en los procesos hospitalarios con la aplicación del Lean Healthcare.

**Tabla 7.** Beneficios priorizados en los estudios

<b>Beneficios</b>	<b>Trabajos relacionados</b>
Mejora en la eficiencia	16, 20, 21, 25, 29, 33, 39, 44, 45, 54, 55, 58, 60, 62
Mejora en la calidad de atención	16, 20, 23, 33, 39, 42, 44, 45, 49, 54, 55, 56, 59, 61
Reducción de tiempos de espera	21, 25, 29, 33, 41, 49, 55, 59
Mejora en la satisfacción del paciente	20, 21, 23, 33, 41, 49, 55, 59
Reducción de costos	16, 28, 38, 44, 49, 56
Reducción de desperdicios	25, 28, 36, 40, 50, 56
Mejora en la satisfacción del personal	26, 44, 49, 55, 59
Mejora en la seguridad del paciente	23, 28, 44, 49, 54
Reducción de errores	23, 26, 33, 49, 54
Mejora en la gestión de recursos	22, 24, 38, 54
Mayor productividad	25, 44, 51
Mejora en la comunicación y colaboración	42, 55
Sostenibilidad ambiental	39, 56
Sostenibilidad económica	39
Sostenibilidad social	39

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los estudios revisados se presenta que las herramientas más utilizadas en las implementaciones de LH son Value Stream Mapping en primer lugar como la más utilizada en la implementación de Lean Healthcare, mencionada en 44 de los 50 artículos revisados. Esto sugiere que esta herramienta es considerada como una de las más importantes y efectivas en la mejora de los procesos de atención médica, Kaizen es la segunda herramienta más utilizada, mencionada en 36 de los 50 artículos.

Esto indica que la mejora continua es un aspecto clave en la implementación de Lean Healthcare, y que las organizaciones de atención médica están buscando formas de mejorar constantemente sus procesos y servicios y 5'S es la tercera herramienta más utilizada, mencionada en 28 de los 50 artículos. Esto sugiere que la organización y limpieza del lugar de trabajo es un aspecto importante en la implementación de Lean

Healthcare, y que las organizaciones de atención médica están buscando formas de mejorar la eficiencia y la calidad de sus procesos a través de la organización y la limpieza.

El documento identifica varios tipos de desperdicios en los procesos de atención médica, incluyendo espera, movimiento, transporte, sobreproducción, defecto, sobre procesamiento e inventario. Además, se menciona que Liker y Meier añaden un octavo desperdicio, que es no utilizar la creatividad de las personas [70]. La identificación y eliminación de estos desperdicios es un aspecto clave en la implementación de Lean Healthcare, ya que puede mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos de atención médica, reducir los costos y mejorar la satisfacción del paciente.

También se identifican algunos ejemplos específicos de desperdicios en los procesos de atención médica, como los tiempos de espera prolongados, la duración de la estancia en el hospital, los cuellos de botella en áreas específicas del hospital y la falta de confianza y colaboración entre diferentes partes interesadas. En general, los documentos destacan la importancia de identificar y eliminar los desperdicios en los procesos de atención médica para mejorar la eficiencia y la calidad de la atención, y mejorar la satisfacción del paciente.

#### **4. CONCLUSIONES**

En conclusión, la implementación de Lean Healthcare puede mejorar significativamente la eficiencia y la calidad de los procesos de atención médica, reducir los costos y mejorar la satisfacción del paciente. La identificación y eliminación de los desperdicios en los procesos de atención médica es un aspecto clave en la implementación de Lean Healthcare, y las herramientas más utilizadas, como Value Stream Mapping, Kaizen y 5S, son efectivas para lograr este objetivo.

Además, la implementación de Lean Healthcare también puede mejorar la seguridad del paciente y del personal, así como la calidad clínica y la productividad y eficiencia de costos. Sin embargo, la implementación exitosa de Lean Healthcare requiere habilidades de liderazgo y participación activa de los líderes, así como la colaboración y el compromiso de todo el equipo de atención médica.

Es importante destacar que la implementación de Lean Healthcare no es un proceso fácil y requiere tiempo y esfuerzo para lograr resultados significativos. Además, cada organización de atención médica es única y requiere un enfoque personalizado para la implementación de Lean Healthcare. Por lo tanto, es importante que las organizaciones de atención médica realicen una evaluación cuidadosa de sus procesos y necesidades antes de implementar Lean Healthcare, y que trabajen en estrecha colaboración con expertos en Lean Healthcare para garantizar una implementación exitosa y efectiva.

La identificación y eliminación de los desperdicios en los procesos de atención médica es un aspecto clave en la implementación de Lean Healthcare. La eliminación de los desperdicios puede mejorar significativamente la eficiencia y la calidad de los procesos de atención médica, reducir los costos y mejorar la satisfacción del paciente.

Además, la implementación de Lean Healthcare puede tener otros beneficios, como la mejora de la seguridad del paciente y del personal, la mejora de la calidad clínica y la productividad y eficiencia de costos.

Es importante destacar que la identificación y eliminación de los desperdicios no es un proceso fácil y requiere tiempo y esfuerzo para lograr resultados significativos. Además, cada organización de atención médica es única y requiere un enfoque personalizado para la identificación y eliminación de los desperdicios. Por lo tanto, es importante que las organizaciones de atención médica realicen una evaluación cuidadosa de sus procesos y necesidades antes de implementar Lean Healthcare, y que trabajen en estrecha colaboración con expertos en Lean Healthcare para garantizar una implementación exitosa y efectiva. En resumen, la identificación y eliminación de los desperdicios es un aspecto clave en la implementación de Lean Healthcare y puede tener beneficios significativos para la eficiencia y la calidad de los procesos de atención médica.

## **Limitaciones de la investigación**

Algunas posibles limitaciones que se pueden observar en los estudios sobre la implementación de Lean Healthcare incluyen la falta de generalización de los resultados debido a la variabilidad en las prácticas de atención médica entre las organizaciones, la falta de control de variables externas que pueden afectar los resultados, y la falta de seguimiento a largo plazo para evaluar la sostenibilidad de los resultados obtenidos. Además, algunos estudios pueden tener un tamaño de muestra pequeño o una metodología limitada, lo que puede afectar la validez y la fiabilidad de los resultados. También puede haber sesgos en la selección de los participantes o en la recopilación de datos, lo que puede afectar la precisión de los resultados. Es importante tener en cuenta estas limitaciones al interpretar los resultados de los estudios sobre la implementación de Lean Healthcare y considerar la necesidad de realizar más investigaciones para confirmar y ampliar los hallazgos.

## REFERENCIAS

- [1] Radnor K. et al (2012). Lean in healthcare: The unfilled promise. *Social Science & Medicine* 43(3), 364-371.
- [2] Ramadan S. et al (2012). Lean thinking in healthcare: application to a tertiary care hospital. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 40, 364-368.
- [3] Fitchett D. y Wahrhaftig S. (2013). A Lean approach to improving patient flow in the emergency department. *J. Emerg. Nurs.* 39(2), 182-188.
- [4] Chan K. y Hsieh A. (2013). Applying Lean principles to improve healthcare: A collection of international case studies. *IEEE Trans. Eng. Manage.* 60(2), 404-424.
- [5] Li Y. et al. (2022). Application of Lean Six Sigma methodology to improve patient safety and satisfaction in the operating room. *BMC Surg.* 22(1),14.
- [6] Lobo C. et al (2021). Implementation of Lean Healthcare in a primary care unit: a case study. *Health Care Manage Sci.* 24(3), 447-455.
- [7] Ospina J. y Hoyos C. (2021). Lean Healthcare applied to the COVID-19 vaccination process. *Health Care Management Science* 24(3), 364-373.
- [8] Schouteten R. et al. 2021). The impact of Lean healthcare tools on healthcare processes: A systematic literature review. *Journal of Health Organization and Management* 35(6), 939-955.
- [9] Cruz J. y Rondán J. (2021). Definición de la pregunta de investigación en una investigación secundaria sobre la evaluación de la filosofía Lean Healthcare. *Journal of Healthcare Quality Research* 3(2), 25-34.
- [10] Tran T. et al. (2017). A systematic review of strategies for searching and selecting databases to identify primary studies for systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology* 17(1), 1-12.
- [11] Braun V. y Clarke V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psych.* 3(2), 77-101
- [12] APA. (2020). Publication manual of the American Psychological Association.
- [13] Pérez J. (2021). Desarrollo de habilidades críticas para la evaluación de la literatura en investigación secundaria. *Revista de Investigación Científica* 10(2), 45-54.
- [14] González E. (2021). Metodología de investigación mixta en la evaluación de la filosofía Leanhealthcare: Un estudio de casos. *Journal of Health Management* 9(1), 25-35.
- [15] Moher D. et al. (2009), Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement, *PLoS Medicine* 6(7), e1000097.
- [16] Abdallah A. (2020). *Healthcare Engineering: A Lean Management Approach*. Springer.
- [17] Alkaabi M. et al (2020). Evaluation of system modelling techniques for waste identification in lean healthcare applications. *Risk Management and Healthcare Policy* 13, 3235–3243.
- [18] Alkaabi M. et al. (2019). A review on the implementation of system modelling techniques in lean healthcare applications. En *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*.
- [19] Amado K. et al. (2020). Desarrollo de la metodología lean healthcare en el servicio de medicina interna de una institución hospitalaria de carácter público. *Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información* (13), 45–56.
- [20] Anna T. et al. (2022). 05-Health lean management implementation in local health networks: A systematic literature review. *Operations Research Perspectives* (9).
- [21] Anuar A. et al. (2019). Sociotechnical aspects of lean and sustainability. *International Journal of Supply Chain Management* 8(5), 160–167.
- [22] Anuar A. et al. (2018). Sustainability through lean healthcare and operational performance in the private hospitals: A proposed framework. *International Journal of Supply Chain Management* 7(5), 221–227.
- [23] Anuar A. et al. (2018). Operational Performance and Lean Healthcare in the Healthcare Sector: Review on the Dimensions and Relationships. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences* 8(4).
- [24] Baslyman G. et al. (2019). Lean healthcare processes: Effective technology integration and comprehensive decision support using requirements engineering methods. En *1st International Workshop on Software Engineering for Healthcare*.
- [25] Bonamigo A. et al. (2022). Patient Flow Optimization: SMED adoption in Emergency Care Units. *IFAC-Papers On Line* 55(10), 204–209.
- [26] Smith I. et al. (2020). Adapting Lean methods to facilitate stakeholder engagement and co-design in healthcare. *Omega*.
- [27] Chmielewska M. et al. (2023). The capacity to implement lean management in the healthcare system in Poland – Results of a public consultation. *Medycyna Pracy* 74(1), 1–8.
- [28] D'Andreamatteo A. et al. (2015). Lean in healthcare: A comprehensive review. *Health Policy* 119(9),1197-1209.
- [29] De Barros L. et al. (2021). Lean healthcare tools for processes evaluation: An integrative review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18(14).
- [30] Drei S. y de Arruda P. (2022). Lean Healthcare applied systematically in the accommodation of medical clinic's beds in a medium-sized hospital. *IFAC* 55(10), 910-915.
- [31] Erthal A. et al. (2021). Cultural tensions in lean healthcare implementation: A paradox theory lens. *Int. J. Prod. Econ.* 233, 107968.

- [32] Fernandes H. et al. (2020). Lean Healthcare in the institutional, professional, and patient perspective: an integrative review. In *Revista gaucha de enfermagem. NLM (Medline)* 41,20190340.
- [33] Frank L. y Rader A. (2023). Using Lean Healthcare Techniques to Reduce Appointment Times. *The Journal for Nurse Practitioners* 19(3), 104508.
- [34] Grassi M. et al. (2020). Implementation of Lean healthcare methodology in designing an Intravitreal Injection Center: first Italian experience. *International Ophthalmology* 40(10), 2607–2615.
- [35] Mahmoud Z. et al. (2021). The impact of lean management on frontline healthcare professionals: a scoping review of the literature. *BMC Health Services Research* 21(1).
- [36] Henrique D. et al. (2021). A framework to assess sustaining continuous improvement in lean healthcare. *International Journal of Production Research* 59(10), 2885–2904.
- [37] Leite H. et al. (2022). Emergent barriers to the lean healthcare journey: Baronies, tribalism and scepticism. *PPC*.
- [38] Liker J. y Meier D. (2006). *Toyota Way Fieldbook*. McGraw-Hill.
- [39] Marin G. et al. (2021). The Role of Value Stream Mapping in Healthcare Services: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(3), 951.
- [40] Moher D. et al. (2009). Preferred reporting iterns for systematic reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7), e1000097.
- [41] Morell O. et al. (2021). A model for the implementation of lean improvements in healthcare environments as applied in a primary care center. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(6), 1–33.
- [42] Narayanamurthy G. y Gurumurthy A. (2018). Is the hospital lean? A mathematical model for assessing the implementation of lean thinking in healthcare institutions. *Operations Research for Health Care* 18, 84–98.
- [43] Menezes M. et al. (2020). lean healthcare in Brazil: A systematic review. *Revista de gestao em sistemas de saude-rgss* 9(3), 381–405.
- [44] Nino V. et al. (2021). Improving the registration process in a healthcare facility with lean principles. *Journal of Industrial Engineering and Management* 14(3), 538–551.
- [45] Oliveira R. et al. (2018). Lean healthcare implementation: experiences and lessons learned from brazilian hospitals. *Revista de Administracao de Empresas* 58(1), 30–43.
- [46] Oppenheim B. et al. (2022). Comparison of lean healthcare systems engineering proces (LHSE) for Healthcare improvement projects with earlier improvement initiatives continuous improvement PDSA TQM 66 TOC. INCOSE Healthcare Working Group.
- [47] Joanna J. (2020). Lean Management - A Method of Improving Change Management in Healthcare Organizations. *Med. Clin. Res.* 5(1), 10-15.
- [48] Noris N. et al. (2022). Lean healthcare implementation malaysian specialist hospitals: Challenges and performance evaluation. *Journal of Health and Translational Medicine* 25(1), 27-39.
- [49] Rahmawati N. et al. (2022). Lean Healthcare Implementation: How is The Employee's Acceptance? *BIO Web of Conferences* 54, 1-9.
- [50] Lima R. et al. (2021). Implementation of lean in health care environments: an update of systematic reviews. *International Journal of Lean Six Sigma* 12 (2), 399–431.
- [51] Carvalho L. et al. (2020), Systematic review and meta-analysis of the use of lean methods and tools in healthcare services: An alternative to improve care during the pandemic. *Revista LabDGE UFF* 1(1).
- [52] Régis T. et al. (2018). Lean healthcare implementation: Experiences and lessons learned from brazilian hospitals. *Revista de Administracao de Empresas* 58(1), 30–43.
- [53] Reponen E. et al. (2021). Benchmarking outcomes on multiple contextual levels in lean healthcare: A systematic review, development of a conceptual framework, and a research agenda. *BMC Health Services Research* 21(1).
- [54] Reponen E. et al. (2021). Validation of the Lean Healthcare Implementation Self-Assessment Instrument (LHISI) in the finnish healthcare context. *BMC Health Services Research* 21(1).
- [55] Ronge S. (2015). *Lean Transformation in healthcare a case study at Skaraborgs Sjukhus grupp*. Master Thesis. University of Technology.
- [56] Marsilio M. et al. (2022). Lean adoption, implementation, and outcomes in public hospitals: benchmarking the US and Italy health systems. *BMC Health Services Research* 22(1).
- [57] Rollinson T. et al. (2021). Learning from Lean: a quality improvement project using a Lean-based improvement approach to improve discharge for patients with frailty in an acute care hospital. *BMJ Open Quality* 10(4), e001393.
- [58] Singh P. (2019). Lean in healthcare organization: an opportunity for environmental sustainability. *Benchmarking* 26(1), 205–220.
- [59] Smith I. et al. (2020). Adapting Lean methods to facilitate stakeholder engagement and co-design in healthcare. *The BMJ* 368.
- [60] Tiso A. et al. (2021). A framework to guide the implementation of lean management in emergency department. *Journal of Health Organization and Management* 35(9), 315–337.
- [61] Tlapa D. et al (2020). Effects of Lean Healthcare on Patient Flow: A Systematic Review. *Val. in Hea.* 23(2), 260–273.
- [62] Tlapa D. et al. (2022). Effects of lean interventions supported by digital technologies on healthcare services: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(15), 9018.

- [63] Hallam C. et al. (2018). Lean healthcare: scale, scope and sustainability. *International Journal of Health Care Quality Assurance* 31(7), 684–696.
- [64] Zepeda C. et al. (2020). Assessing the Impact of Lean Healthcare on Inpatient Care: A Systematic Review. *International Journal Of Environmental Research And Public Health* 17(15), 5609.
- [65] Mangum C. et al. (2021). Use of Lean Healthcare to Improve Hospital Throughput and Reduce LOS. *Pediatric Quality* 6(5), e473.
- [66] Régis T. et al. (2018). Lean healthcare implementation: Experiences and lessons learned from brazilian hospitals. *RAE Revista de Administracao de Empresas* 58(1), 30–43.
- [67] Peimbert et al. (2021). Applying lean healthcare to improve the discharge process in a mexican academic medical center. *Sustainability (Switzerland)* 13(19), 10911.
- [68] Schonberger R. (2018). Reconstituting lean in healthcare: From waste elimination toward 'queue-less' patient-focused care. *Business Horizons* 61(1), 13–22.
- [69] Wijewardana A. et al. (2016). Lean Healthcare Framework for Sri Lankan Healthcare Supply Chains: A Case Study of Teaching Hospitals. *Universal Journal of Management* 4(10), 517–527.
- [70] Prado J. et al. (2020). Increasing competitiveness through the implementation of lean management in healthcare. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(14), 1–26.

# Comportamiento de compra empresarial y de hogar en la adquisición de productos desechables y biodegradables

René Mauricio Peñarredonda Quintero<sup>1</sup>

Yineth Marcela Reyes Quintero<sup>2</sup>

*Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia*

Las empresas del siglo XXI basan sus decisiones de mercadeo social en las necesidades, deseos y demandas de las personas que, de cierta manera, garantiza su sostenibilidad económica. Debido a factores como el calentamiento global, el cuidado del ser humano y la naturaleza, este tridente va unido a las nuevas tendencias del mercado verde. Las vajillas desechables son un producto de alta rotación en la sociedad gracias a su practicidad, simplicidad, asequibilidad y facilidad para desechar, pero los desechos están causando estragos ambientales debido al largo tiempo del proceso de descomposición. Se realizó una investigación de tipo exploratorio cuantitativo, con muestras significativas del sector restaurantes y hogares en la ciudad de Barrancabermeja, Colombia, con el propósito de conocer patrones de comportamiento en la decisión de compra de vajillas desechables y el potencial de compra de productos biodegradables. Los principales resultados demuestran la frecuente compra y uso de vajillas desechables no biodegradables en restaurantes y hogares de la ciudad, a pesar del conocimiento de los encuestados sobre la contaminación generada por estos elementos, siendo la calidad y el precio final del producto parte importante para tomar esta decisión. La conclusión gira entorno a la necesidad de producir vajillas desechables biodegradables con alto desempeño y menor costo, para eliminar del mercado los productos pocos amigables con el medio ambiente y el ser humano, alineándose a la vez con las políticas internacionales y nacionales de tipo ambiental y de salud.

---

<sup>1</sup> Administrador Comercial y de Sistemas, Especialista en Gerencia Estratégica de Mercadeo y Magíster en Administración en Organizaciones. Contacto: [renequintero@correo.uts.edu.co](mailto:renequintero@correo.uts.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera de Producción, Especialista en Gerencia de Riesgos Laborales SST y Magíster en Educación. Contacto: [yinetmreyes@correo.uts.edu.co](mailto:yinetmreyes@correo.uts.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los parámetros de acción acorde a la agenda 2030 propuesta por la Organización de Naciones Unidas - ONU, para la ejecución del objetivo de desarrollo sostenible No. 12 producción y consumo, se planteó la evaluación de los aspectos de producción y consumo teniendo en cuenta la huella ecológica dentro de los objetivos de desarrollo sostenible [1]. Esta huella permite el análisis del impacto sobre el medio ambiente de los diferentes procesos de producción [2]. Al analizar el impacto de la producción de un determinado producto sobre el medio ambiente, el consumidor puede tomar decisiones de compra de forma responsable, potenciando la producción sostenible y el consumo responsable. De igual forma, las organizaciones contribuyen al uso eficiente de los recursos naturales e ingresan al denominado mercado verde [3], un reconocimiento que permite establecer relaciones cercanas con los clientes de este segmento.

Por su parte, Colombia generó el documento CONPES 3918 en el cual se definen las metas e indicadores acorde a cada objetivo de desarrollo sostenible. Este documento registró el planteamiento para el objetivo de desarrollo sostenible No. 12 producción y consumo responsables la medición de la tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos [4, 5]. Este indicador se fijó en 17,9% como meta para 2030 mediante el anclaje de la agenda al plan nacional de desarrollo. De igual forma, el país cuenta con estrategias de economía circular, negocios verdes y plan estratégico del sector minero energético como medio para poder alcanzar la meta de reciclaje y utilización de residuos.

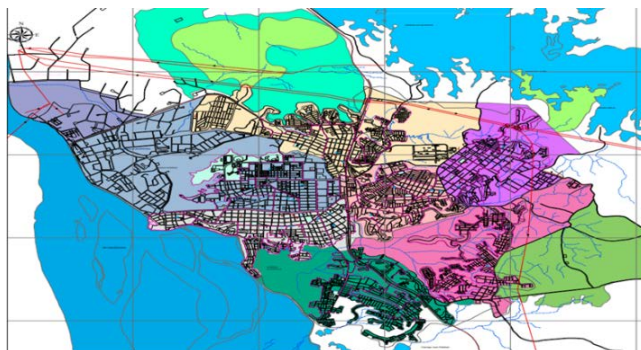
Estas tres estrategias plantean *un portafolio de 40 iniciativas empresariales en economía circular, impulsar 1436 negocios verdes, elevar los estándares de legalidad y formalidad de la actividad minera, entre otros aspectos* [6]. Este objetivo cerró en *un cumplimiento al 91,5%* [7], lo que infiere una mayor oferta de productos sostenibles al consumidor e influenciar positivamente las decisiones de compra. Adicionalmente, la oficina de negocios verdes sostenibles ONVS indicó para el 2022 la existencia y verificación de 4161 negocios verdes, de los cuales *el 23,1% se registró en la zona central, el 21,6% en la zona caribe, 15,4% en la zona pacífico, el 11,9 % en la zona de la amazonia, el 11,8% en el eje cafetero y Antioquia, 8,1% se encontraron en los Santanderes, el 5,8% en los llanos y el 2,2% en la zona insular*, esta estrategia se encuentra vinculada al Programa de Generación de Negocios Verdes el cual, definió una meta de 1865 negocios verdes al 2022, registrando para octubre de este año 1875 negocios [8, 9].

Se han abordado los aspectos de producción junto con las estrategias gubernamentales, evidenciando un esfuerzo hacia las opciones sostenibles para los consumidores. Esto, estimula el consumo consiente, pero, ¿cuál es el papel del consumidor en esta relación? Para abordar este cuestionamiento es importante comprender el proceso de compra, el cual cuenta con 6 roles iniciador, influenciador, informador, decisor, comprador y usuario [10] los cuales son ejecutados por la misma o diferentes personas, y la complejidad de la compra. Lo anterior, lleva a las organizaciones a generar estrategias que permitan al consumidor tomar decisiones sobre el bien a adquirir, como mayor cantidad, desempeño, servicios o productos adicionales al producto o servicio adquirido entre otros.

En este punto las empresas ingresan en la dinámica de la competitividad, entran a establecer las necesidades de sus potenciales clientes o incluso a generar necesidades basados en los aspectos culturales, sociales, etc., llegando a influenciar la decisión de compra. La reunión de estos factores ha sido analizada a lo largo de diferentes modelos que buscan darle respuesta al comportamiento del consumidor, y de igual forma, se espera analizar prospectivamente este comportamiento ante el constante cambio al cual se ven sometidos en la actualidad los consumidores, gracias a las políticas, los avances tecnológicos, el sistema de valores y demás [10].

Barrancabermeja es un distrito ubicado en el oriente colombiano con 213061 mil habitantes acordes a las proyecciones del DANE en concordancia al censo [11], de los cuales 186137 residen en las 7 comunas de la zona urbana como se relaciona en la Figura 1, es decir, habita el 0,385% de la población del país, la cual es de 48258494 [12]. La ciudad cuenta con alrededor de 7976 empresas registradas a 2022, donde resaltan el sector comercio con 3258 organizaciones, el sector servicios con 1896 empresas, el sector alojamiento y servicios de comida con 994 establecimientos y el sector industria con 793 compañías que ofrecen bienes y servicios a la comunidad de Barrancabermeja, a la fecha de esta investigación se carecía de una

investigación a nivel local relacionada con los negocios verdes tanto en la oferta como en la demanda de estos productos tal como se afirma en [13]. Pero a nivel nacional, se evidenció en el catálogo nacional de productos verdes tres opciones amigables con el medio ambiente en el distrito: *REAL HONEY*, *BÍOZCOL* y *MULTINSA* [9].



**Figura 1.** Distribución de la zona urbana de Barrancabermeja por comunas

Ante las opciones limitadas en productos verdes surge la pregunta sobre ¿cuál es el comportamiento de compra de los habitantes de Barrancabermeja y la inclusión de productos verdes en sus adquisiciones?, dada la amplitud de este cuestionamiento se limitó a la decisión de compra de productos denominados como vajillas desechables. Estas vajillas desechables se encuentran compuestas por platos, cubiertos (tenedor, cuchillo y cuchara), y vasos, los cuales se encuentran elaborados generalmente de plástico de un solo uso, generan un alto impacto al medio ambiente [14, 15], Ante esta problemática se buscó establecer el potencial de compra que existe en el mercado de Barrancabermeja frente a productos ecológicos o que reduzcan el impacto de los desechos plásticos [16], mediante la decisión de compra y la demanda de productos verdes [17, 18]

## 2. MÉTODO

El tipo de investigación que se aplicó en el trabajo es exploratorio por la carencia de análisis y registros de línea base del objeto de estudio en Barrancabermeja. A su vez, descriptivo en la cuantificación de datos dentro de un contexto, con enfoque cuantitativo [19], el cual parte de la recopilación y análisis de información numérica mediante herramientas estadísticas para identificar patrones de comportamiento en la decisión de compra de la población objeto de estudio. Se definió 3 etapas para el desarrollo de la investigación, la primera estableció el diseño de dos instrumentos de recolección de información primaria. La segunda fase consistió en el trabajo de campo mediante la aplicación de las encuestas a una muestra representativa de la población. Finalmente, se tabuló y analizó la información recopilada a través del software SPSS.

Cada instrumento de recolección de información primaria fue diseñado con 14 preguntas estructuradas entre introductorias y de profundización para identificar las razones, frecuencias, atributos, propósitos, percepciones, gustos o preferencias tanto del sector restaurantes como del de Hogares respecto a la adquisición o utilización de vajillas desechables ecológicas. Estas preguntas contaron con opciones de respuesta específicas para cada cuestionamiento, es decir, preguntas cerradas acorde a la población objeto de estudio. Para establecer la validez de los instrumentos, se sometieron a un juicio de expertos acatando los cambios indicados en este juicio. Posteriormente, se aplicó dos pruebas piloto acorde a la población definida, recogiendo recomendaciones para el mejoramiento de este [20].

La población constituye el universo sobre el cual se seleccionan los sujetos para la búsqueda de información necesaria, requerida para localizar la comprobación o aplicación de los objetivos propuestos [21]. Partiendo de ello se definió para la investigación el sector restaurantes y los hogares ubicados en el Distrito Especial de Barrancabermeja, estos tienen características, necesidades o preferencias distintas en la decisión de compra de vajillas desechables ecológicas. Mediante la aplicación de Sample Size Determination para hallar el tamaño de una muestra finita, se calculó la muestra de las dos poblaciones. El método de muestreo utilizado para la aplicación del instrumento fue probabilístico, donde todas las personas de la población

tuvieron la misma oportunidad de ser encuestados utilizando la técnica de muestra aleatoria simple [22]. El software requiere 3 datos importantes para hallar el tamaño de la muestra: La población total, el porcentaje de confiabilidad y el porcentaje de error [23].

Al aplicar la formula en los restaurantes se utilizó los siguientes parámetros: el tamaño total fue de 333 restaurantes registrados en Cámara de comercio de Barrancabermeja para 2022, según entrevista con el Coordinador Centro de estudios de esta entidad [24]; con una confiabilidad del 95% y un 10% de error. Se obtuvo una muestra significativa de 76 restaurantes como se relaciona en la Figura 2.

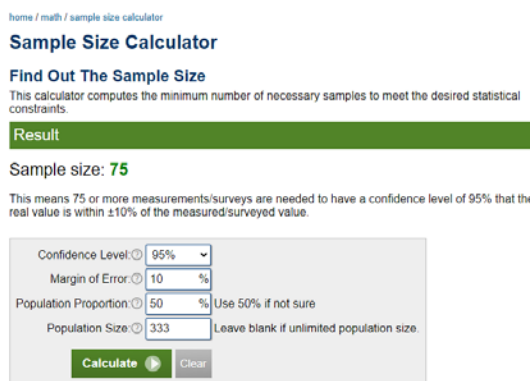


Figura 2. Tamaño de la muestra de restaurantes en Barrancabermeja.

Con respecto a los hogares, se estableció con la oficina de las Juntas Administradoras Locales para el 2016 un referente de 46225 viviendas en zona urbana distribuidas en siete comunas del distrito de Barrancabermeja. La Tabla 1 relaciona el número de viviendas por comuna [25].

Tabla 1. Viviendas de Barrancabermeja

Comuna 1	6940
Comuna 2	5723
Comuna 3	8126
Comuna 4	6370
Comuna 5	7920
Comuna 6	5110
Comuna 7	6036

Al aplicar la formula en los hogares se utilizó los siguientes parámetros: el tamaño total fue de 46.225 viviendas con una confiabilidad del 95% y un 7% de error [26]. Se obtuvo una muestra significativa de 196 viviendas a encuestar como se evidencia en la Figura 3.

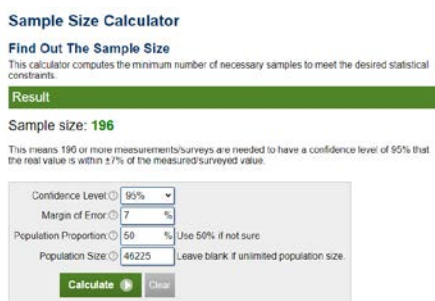


Figura 3. Tamaño de la muestra de viviendas en zona urbana de Barrancabermeja

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

De las dos poblaciones abordadas se establecieron aspectos que influenciaron la decisión de compra sobre la vajilla desechable y biodegradables. Los resultados obtenidos mediante los instrumentos de recolección de información aplicados se relacionan en las siguientes dos secciones. Se inició con el potencial de los restaurantes, posteriormente se abordaron los hogares del distrito de Barrancabermeja y finalmente, se generó la discusión de los resultados.

### 3.1 Potencial de compra en los restaurantes

Se abordaron 76 restaurantes con 4 preguntas introductorias que permitieron establecer características de la población como sexo, estrato, comuna y tipo de restaurante. De estos cuestionamientos se logró establecer que el 62% de la población se encuentran administrados por mujeres y un 38% por hombres, como se relaciona en la Figura 4.

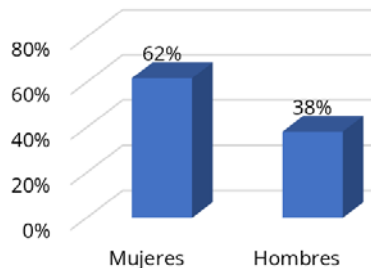


Figura 4. Género del administrador de restaurantes

La casa editorial el Tiempo y Arcos Dorados, operador de McDonald's en más de 20 países del mundo, llevaron a cabo un foro en Colombia para el primer semestre del 2022, reiterando el aporte importante que genera el sector restaurante y alimentos en el país con respecto a los desafíos y cierres de brechas de género, mencionando que en *Colombia el sector está compuesta en un 60% por mujeres* [27]. Adicionalmente, los datos a nivel país son muy semejantes a los de Barrancabermeja, donde el sector objeto de estudio genera espacios de crecimiento y desarrollo para las mujeres, debido a las limitadas oportunidades poseídas por este género en otros sectores, permitiéndoles emprender y manejar su tiempo para el sostenimiento del hogar.

Con respecto a la relación comuna y estrato socio-económico de la ciudad, la Figura 5 relaciona la el 75% de los restaurantes en la comuna 1 con el 45% y la comuna 2 con el 30% de Barrancabermeja estratificados socioeconómicamente en 3 y 4. Esto estratos son reconocidos por centralizar las zonas comerciales, los sitios de recreación y de turismo más importantes de la ciudad, espacios propicios para el desarrollo del sector según se evidencia en el Plan de ordenamiento territorial de la ciudad [28]. El análisis recopiló información de las 7 comunas del distrito, abarcando 4 estratos socio-económicos.

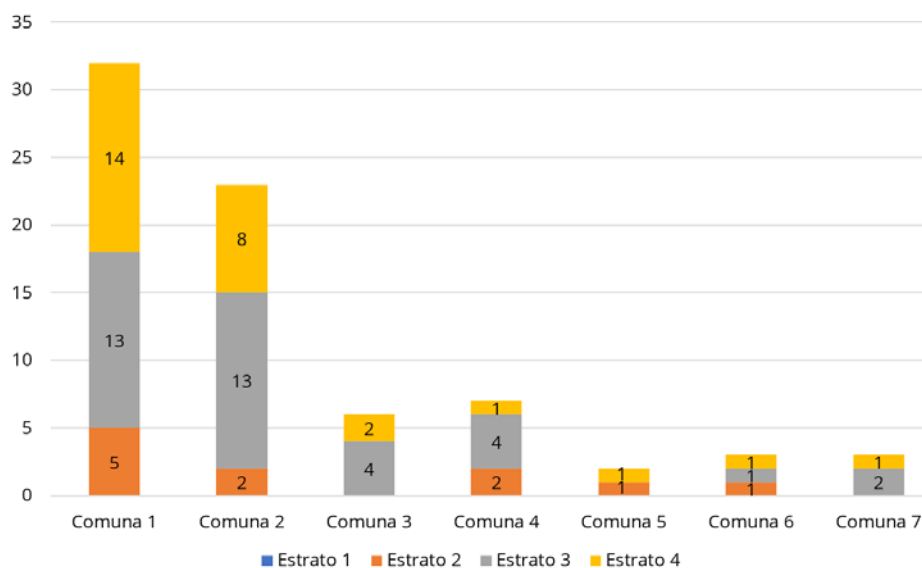


Figura 5. Relación Comuna y Estrato Socio-económico

Con respecto a la última pregunta introductorias, se determinó la tipología del restaurante como se muestra en la Figura 6, donde el 42% corresponden a Comidas Rápidas y Familiares, seguido de un 26% de especialidad y Buffet. Un dato importante evidenciado es el porcentaje de restaurantes de alimentos sanos como lo son los vegetarianos y veganos con una participación del 10%.

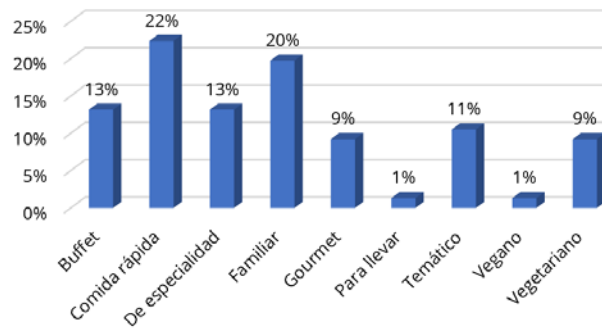


Figura 6. Tipología del Restaurante

Lo anterior responde, en primera, medida al tamaño de las familias Barranqueñas, donde el 40,3% de los hogares de la ciudad están compuestos entre 4 y más integrantes [29]. Seguido por el número de trabajadores flotantes gracias al sector hidrocarburos el cual, atrae generalmente personal oriundo de otras ciudades a hospedarse en hoteles con servicio de alimentación tipo Buffet, este segmento de trabajadores cuenta con capacidad adquisitiva para consumo de alimentos especializados [30]. Por último, la creciente tendencia de alimentación sana y en protección a los seres vivos fortalece la creación de restaurantes en este nicho [31].

Las preguntas de profundización iniciaron con el cuestionamiento sobre la frecuencia de utilización de vajillas desechables. Como se evidencia en la Figura 7, el 76% de la población manifestaron que los utiliza diariamente, debido a que su operación comercial es frecuente; mientras que 24% de los establecimientos los utiliza semanalmente.

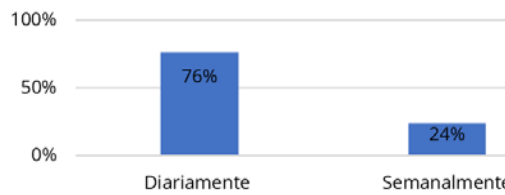


Figura 7. Frecuencia de utilización de vajillas desechables

Como se ha mencionado, Barrancabermeja es un distrito que gira alrededor de la industria del petróleo o de hidrocarburos, sector que dinamiza la economía permanentemente entre ellas los restaurantes, y los fines de semana muchas personas o familias quieren salir de la rutina de preparar alimentos en casa y prefieren realizar domicilios a restaurantes incrementando de esta manera el uso de las vajillas desechables. Como se evidencia en los resultados la utilización de estos, está ligada directamente a las ventas y sostenibilidad económica del negocio, el cual es una herramienta necesaria en el quehacer comercial, sin embargo, se está atentando a la sustentabilidad del medio ambiente, tomando fuerza la necesidad de crear vajillas desechables que no sean de un solo y amigables con el medio ambiente como los son los biodegradables [32].

Teniendo en cuenta la Figura 8, la vajilla desechable más utilizado en los restaurantes es el plato pando sin división con tapa con un 57%, el plato pando con 3 divisiones y platos planos con un 18% cada uno de ellos. El espacio y la practicidad que tienen las vajillas permite la utilización y su uso de manera frecuente.

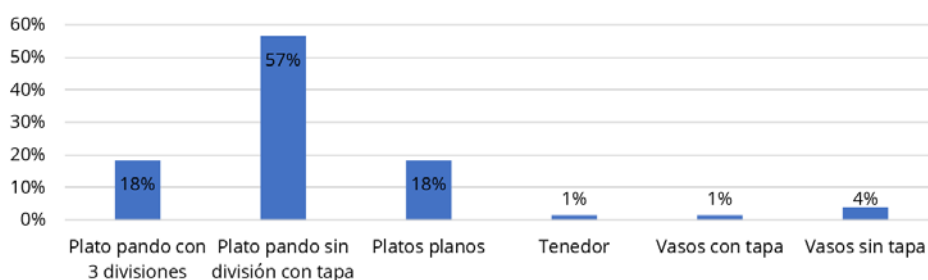
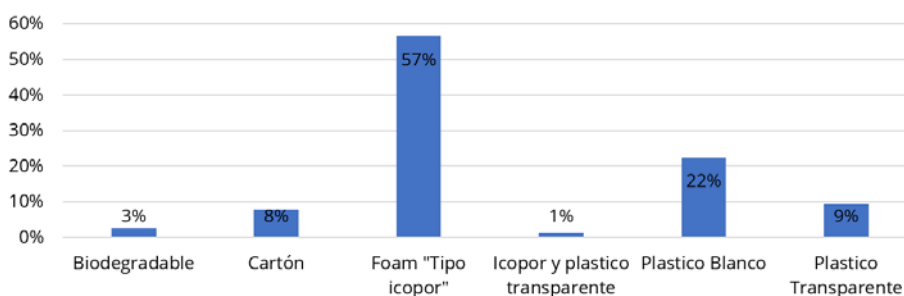


Figura 8. Tipo de vajilla desechable que compra y utiliza

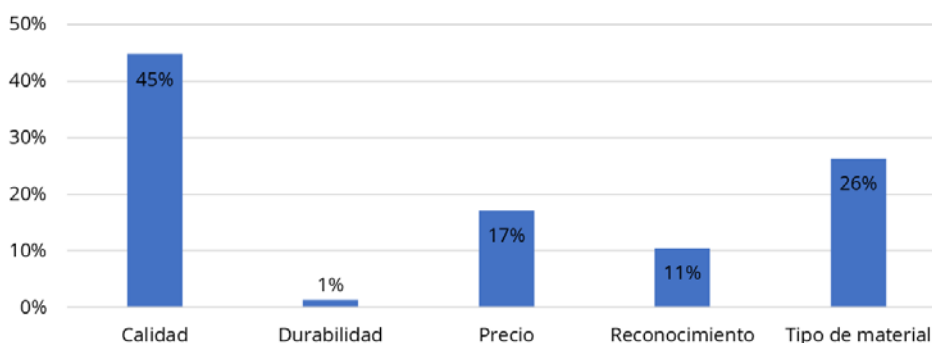
Con respecto al tipo de material como lo muestra la Figura 9, el 57% compra y utiliza el icopor, los plásticos en un 31%, el cartón 8% y biodegradables 3%.



**Figura 9.** Tipo de material de vajillas desechables

El poliestireno expandido, más conocido como el icopor, es un elemento utilizado constantemente por los restaurantes para empacar los alimentos debido a sus propiedades para conservar la temperatura de los alimentos [33]. El icopor y el plástico son productos poco amigables con el medio ambiente y se hace necesario remplazarlos por componentes sostenibles que puedan degradarse sin contaminar el medio ambiente y sin perjudicar a la salud de las personas [34].

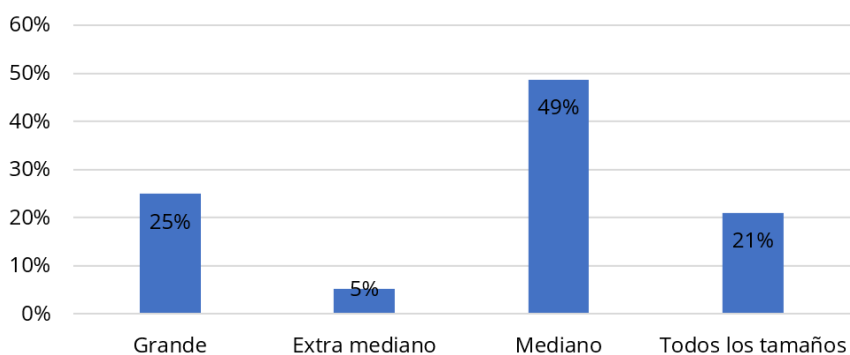
Para los restaurantes en Barrancabermeja es importante considerar variables en el momento de comprar las vajillas desechables. La Figura 10 relaciona las variables de Calidad y el tipo de material con un 45% y 26% respectivamente seleccionadas por los encuestados como más importantes a la hora comprar el producto. Estas son seguidas por el factor precio con el 17%.



**Figura 10.** Variables que se tienen en cuenta para la compra de vajillas desechables

La resolución 683 de 2012 del Ministerio de Salud es un reglamento técnico de requisitos sanitarios para productos usados en alimentos. Este indicó que los productores de materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano deben contar con requerimientos y desempeño de calidad necesario para su elaboración y venta [35].

En la Figura 11 se evidenció con un 49% la necesidad de comprar productos de mediano tamaño por parte de la muestra. Por otra parte, el 25% requiere un tamaño de vajilla grande, seguido con 21% de restaurantes que precisan de todos los tamaños.



**Figura 11.** Tamaño de la vajilla desechable

Los tamaños de las vajillas desechables varían con respecto a la cantidad de alimentos y bebidas que van a contener. Lo anterior, se asocia al número de comensales que solicitan el producto, es decir, correspondiente a una o varias personas.

El 70% de los restaurantes, según la Figura 12, prefieren adquirir productos con un grosor tipo medio. Lo anterior, teniendo en cuenta el peso de los alimentos a conservar. El 26% prefiere comprar un producto de un tipo mayor para garantizar el peso de los alimentos o bebidas a van a contener.

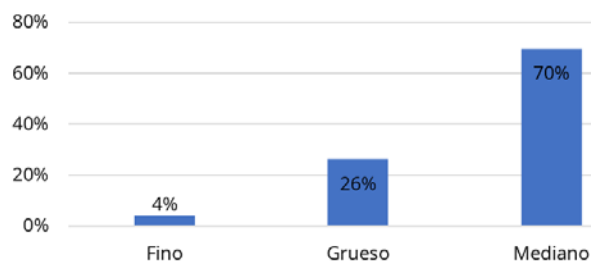


Figura 12. Tipo de grosor de la vajilla desechable

Normalmente el grosor de la vajilla desechable se utiliza acorde al peso de los alimentos, sin embargo, el costo del producto va directamente ligado a la cantidad de insumos para su producción. Esta cantidad termina aumentando el precio final de la vajilla e influenciando la elección de un recipiente de menor calibre para alimentos que requieren un grosor mayor.

Cómo se muestra en la Figura 13, el 100% de los encuestados consideró muy interesante e interesante la idea de comprar y utilizar vajillas desechables biodegradables. Aunque, en una pregunta antecesora solo un 3% manifestó comprar y utilizar estos productos.

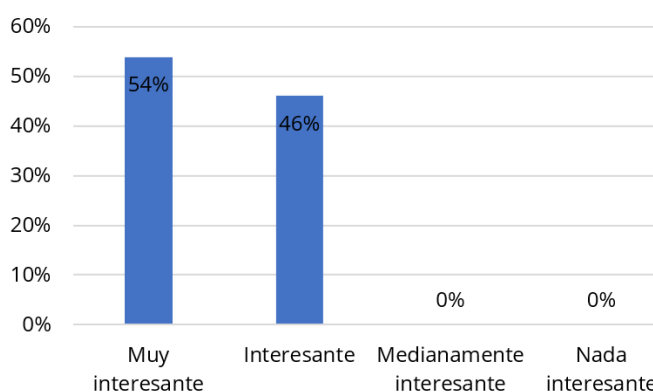


Figura 13. Grado de interés en comprar y utilizar vajillas biodegradables para el cuidado del medio ambiente

El sector de restaurante en Barrancabermeja se encuentra muy consciente de la necesidad de cuidar el medio ambiente debido a su postura de la importancia de comprar productos biodegradables. Sin embargo, carece de una cultura de adquisición responsable de productos verdes. Adicionalmente, el mercado los productos biodegradables tienen un precio más alto con respecto a los productos carentes de biodegradabilidad, elevando los costos de producción e impactando negativamente la ganancia al final del ejercicio comercial [36].

Frente al lugar de adquisición de productos, el 50% de los restaurantes manifestaron comprar las vajillas desechables en lugares especializados de venta de plástico e icopor. Mientras, el 22% lo adquieren en grandes superficies, seguido de un 9% por las tiendas de barrio y un 8% en los supermercados (Figura 14). Lo anterior permite inferir en los establecimientos especializados una mayor asequibilidad a los precios bajos y variedad de marcas. Esto gracias a su condición de mayoristas. Por otro lado, las grandes superficies y supermercados no se especializan en un tipo de producto y carecen de un volumen alto de inventario en bodega. Adicionalmente, su objetivo es vender al menudeo con precios asequibles, pero poco competitivos. Igualmente, cuentan con espacio limitado de almacenamiento para adquirir variedad de líneas de productos y marcas, dejando poca posibilidad de elección a los clientes.

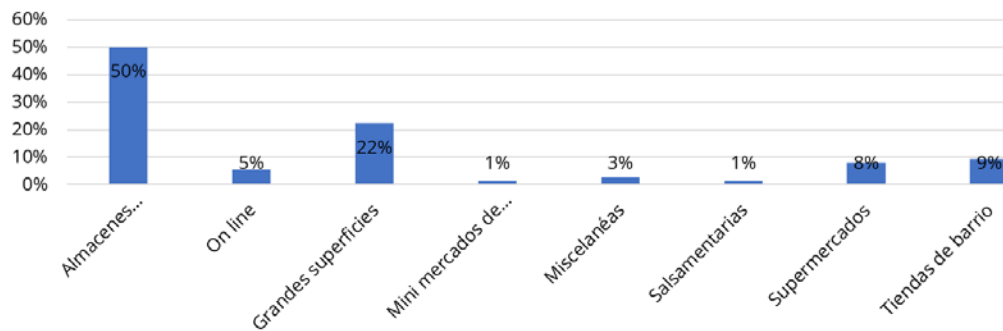


Figura 14. Lugares de adquisición

Cuando se cuestionó sí el uso de productos biodegradables en el servicio de comida a la mesa y domicilio podría influir la decisión de compra de los comensales, los restaurantes indicaron lo relacionado en la Figura 15. El 62% consideró esto como un factor importante de decisión al momento de compra. Un 32% indicó desconocer si este fuera un factor de decisión de compra por parte del cliente y un 5% refirió no considerarlo como elemento importante al momento de comprar.

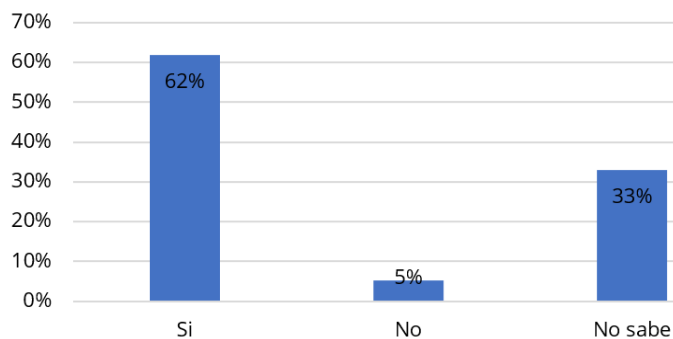


Figura 15. Empaque biodegradable como factor de compra por parte de sus clientes

Los resultados reflejan la conciencia generada en el cuidado del medio ambiente y el bienestar del ser humano, por la pandemia del Covid-19 a nivel mundial [37]. Sin embargo, a pesar de existir la concepción de la importancia en ofrecer productos verdes, los restaurantes dudan en la implementación por el aumento en los costos. Adicionalmente, el cliente final puede diferir con esta decisión al aumentar el precio final del producto.

### 3.2 Potencial de compra de los hogares del distrito de Barrancabermeja

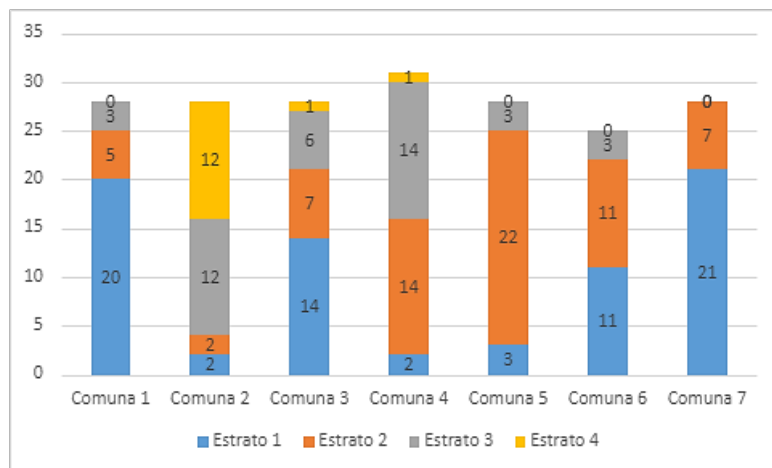
Se abordaron 196 viviendas con 4 cuestionamientos introductorios que permitieron establecer características de la población como edad, estrato, comuna y tipo de vivienda. De estos cuestionamientos se logró establecer que el 59,2% de la población se ubicó entre los 18 y los 36 años, como se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2. Edad de los participantes

Edad	Frecuencia	Porcentaje
18-27	74	37,8%
27-36	42	21,4%
36-45	28	14,3%
45-54	19	9,7%
54-63	24	12,2%
63-72	5	2,6%
72-81	4	2,0%

Estos datos tienen concordancia con la estructura de pirámide estacional de la población estudiada [11], en donde existe una reducción de la cifra de habitantes a medida que aumenta la edad. El análisis recopiló información de las 7 comunas del distrito, abarcando 4 estratos socio-económicos como se relaciona en la Figura 16.

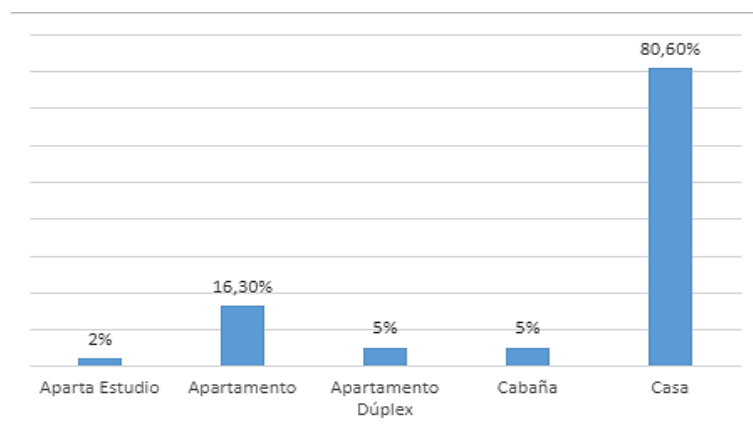




**Figura 16.** Distribución por comunas y estratos de los participantes

El Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE contempla una estratificación compuesta por 6 estratos [38, 39], sin embargo, acorde a la proyección para el 2011 Barrancabermeja *contaría con 524 hogares clasificados en estrato 5 y 0 hogares clasificados en estrato 6* [31]. Adicionalmente, para el año 2011, la población de Barrancabermeja se encontró distribuida de la siguiente forma, según [40], *el 72,9% está ubicado en los estratos 1 y 2, el 17,3% en el estrato 3 y el 9,8% en los estratos 4, 5 y 6*, mientras, para el año 2013 *el 64,5% de la población se encontró en el estrato 1 y 2; el 25% en el estrato 3 y 4 y el 10,9% en el estrato 5 y 6* [41]. Lo anterior, indicó una mayor parte de la población de Barrancabermeja concentrada en los estratos 1 al 4 como se evidenció en la figura.

Para finalizar las preguntas se determinó el tipo de vivienda de los encuestados. El 80% de la población indicó como se relacionó en la siguiente figura, residir en tipo casa, seguido en un 16,30% por apartamento, con un menor porcentaje se registró cabaña, apartamento dúplex y aparta-estudio (Figura 17).



**Figura 17.** Tipos de vivienda

Los datos anteriores concuerdan con estudios que analizaron los diferentes tipos de vivienda encontrándose una mayor concentración en viviendas tipo casa y apartamento [42, 43].

Las preguntas de profundización se iniciaron con la indagación sobre la compra o utilización de vajillas desechables como se relacionó en la Figura 18. La totalidad de la población encuestada manifestó sí, es decir, realizan compras o utilizan elementos desechables. Dentro de esta opción se buscó establecer la razón principal en decisión de compra o uso de vajillas desechables encontrando en un 60,71% el motivo de fácil acceso, el 17,35% por fácil acceso, el 12,24% por calidad, el 7,14% por durabilidad y en una menor proporción las causas de color y tamaño.

Esto permitió inferir que, las vajillas desechables se han posicionado en el mercado como elementos prácticos para la atención de situaciones en el hogar. Adicionalmente, son productos que se ofertan tanto en grandes superficies como en tiendas, llegando a los hogares de forma práctica. Ante esta facilidad de

acceso y acorde a las metas propuestas dentro de la agenda 2030 de la ONU, el gobierno nacional de Colombia generó la Ley 2232 de 2022 con la cual, se establecen medidas para la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso, entre otras disposiciones. Dentro de esta regulación se abordó la prohibición y sustitución gradual a quienes comercialicen o distribuyan, productos específicos como bolsas, envases, empaques, adhesivos, etiquetas entre otros, en un periodo de entre 2 y 8 años acorde al tipo de producto. De igual forma, reguló específicamente a las entidades públicas prohibiéndoles el uso de elementos y productos que contengan plásticos de un solo uso [44].

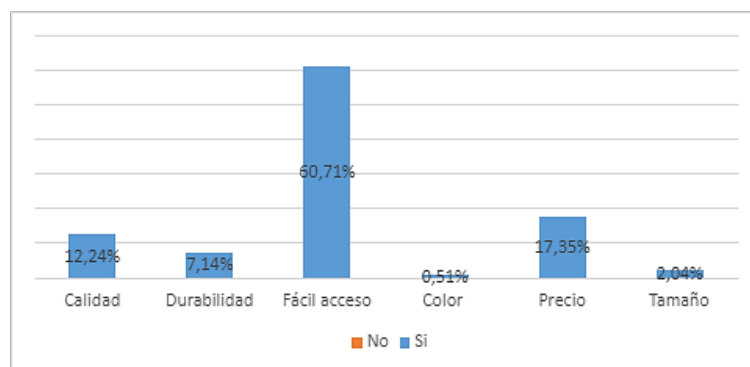


Figura 18. Uso de vajillas desechables y sus razones

Al momento de establecer el producto específico dentro de la gama de vajilla desechable que los encuestados compraban, se encontró a los vasos liderando este ítem con un 65,3%. Los vasos fueron secundados con un 17,3% por los platos y en un 11,2 % por otros recipientes. Al momento de enlazar estos resultados con la frecuencia de compra, los datos indicaron una frecuencia semanal de compra en los vasos de 13,27% sobre el total de la muestra, seguido por semestral y trimestralmente en un 11,22% como se evidenció la Figura 19

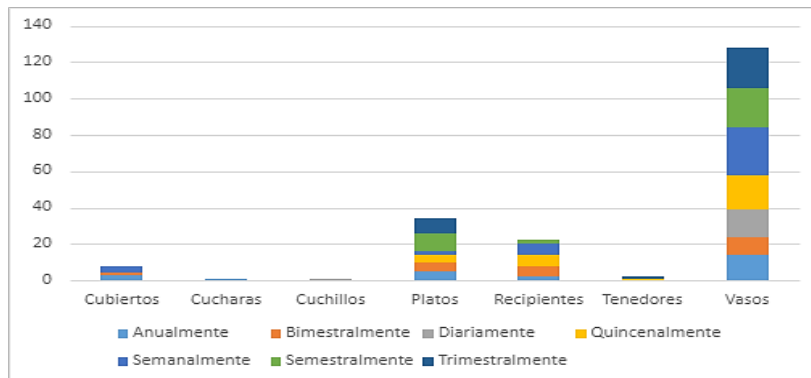


Figura 19. Frecuencia de uso y tipo de elementos desechables

Se deduce de los anteriores resultados una preferencia hacia los vasos y platos dentro de la vajilla desechable. Este resultado contrasta con los datos obtenidos en esta investigación al momento de abordar la población de restaurantes y por [45] en donde, los platos son más usados frente a los vasos.

Al cruzar la frecuencia con el propósito de compra, se evidenció que las fiestas o celebraciones son la finalidad por la cual se adquiere productos de un solo uso en un 40,3%. Estas adquisiciones se realizan en una frecuencia anual, semestral y trimestral con un 9,64% sobre el total de los encuestados. Transportar alimentos con el 20,92% es el segundo argumento por el cual, los encuestados obtienen productos desechables. La periodicidad con la que se accede a elementos de un solo uso para este fin es semanal en un 8,63% y quincenal en un 6,09% como se relacionó en la Figura 20.

Lo anterior, permitió inferir las razones de adquisición concordando con investigaciones [46, 47] sobre el uso de elementos desechables en fiestas. Esto permitió asociar las celebraciones con la adquisición de productos de un solo uso. Aunque no se indagó sobre la intensidad de utilización de elementos desechables en las fiestas, se pudo comprender el manejo en eventos masivos o de alta rotación de personas como un

elemento práctico comparado con la vajilla tradicional, la cual implica un costo adicional por limpieza y expone a los participantes a riesgos de lesiones por uso inadecuado.

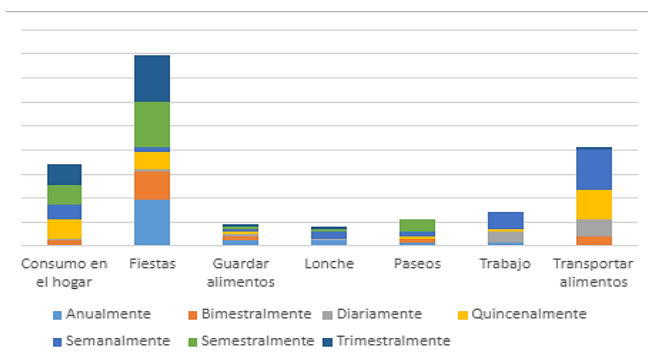


Figura 20. Frecuencia de compra vs razones de uso de los productos desechables

Al momento de establecer el conocimiento sobre los materiales con los cuales se elaboran los productos de la vajilla desechable que la muestra compra, 77,60% manifestó desconocerlo, mientras 22,40% mencionó saberlo como se relaciona en la Figura 21. Sin embargo, al cuestionar sobre la importancia de la biodegradabilidad en las vajillas desechables, el 50% indicó un nivel muy importante, aunque 65,3% de esta población desconoce los materiales de las adquisiciones que realiza. Esto concuerda con [48] en donde, la población abordada careció de intención de compra en productos ecológicos al contar con poca oferta de productos verdes o ante el desconocimiento sobre la tipología del producto. 42,86% calificó la biodegradabilidad como importante y 3,57% la consideró un nada importante.

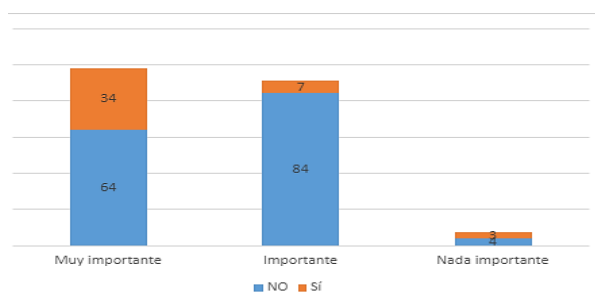


Figura 21. Conocimiento de los materiales e importancia de la biodegradabilidad

Es decir, La conciencia ambiental se encuentra aún en un nivel básico de desarrollo: se conoce la intencionalidad, pero esta no se traduce en acción debido al desconocimiento sobre los materiales de los productos adquiridos. Los datos obtenidos concuerdan con [49], donde se encontró en la población encuestada una consideración de muy importante en el uso de envases biodegradables, sin embargo, al momento de la encuesta, consumían elementos desechables de un solo uso.

Al intentar establecer si la muestra observó un valor agregado en los productos biodegradables por la cual pagaría más al momento de la compra, los resultados obtenidos mostraron al 57,7% de los encuestados como dispuestos, sí el producto cuidaba el medio ambiente. Por otra parte, un 29,6% pagaría más sí el producto reemplaza el plástico y un 4,1% estaría interesada sí no se producen residuos. El 8,2% de los encuestados no estaría dispuesto a pagar un mayor valor como se relacionó en la Figura 22.

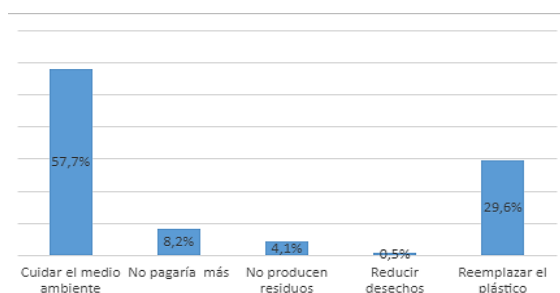
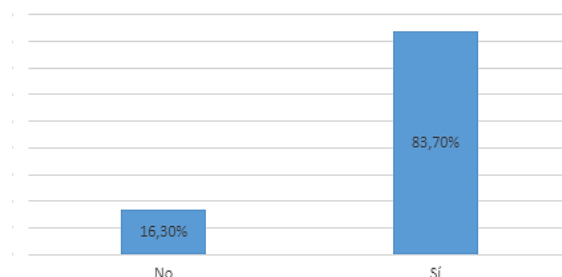


Figura 22. Percepción del valor agregado de la población en los productos biodegradables

Estos resultados concuerdan con los estudios [48, 50, 51] sobre el cambio del comportamiento en el consumidor, el cual se inclina hacia el uso de productos con un menor impacto en el medio ambiente.

Finalmente, se determinó la influencia del material en los empaques del servicio a domicilio en la elección de compra en un restaurante. Los resultados como se muestran en la Figura 23 arrojaron 83,70% de intencionalidad hacia el sí y 16,30% hacia el no.



**Figura 23.** Influencia del material de los empaques para llevar en la elección del restaurante

Estos datos concuerdan con los objetivos de las grandes marcas de comida rápida, es decir, la incorporación de elementos verdes en el servicio de alimentos [52-55]. Adicionalmente, afianza la percepción de cambio en el consumidor de esta era.

#### 4. CONCLUSIONES

El distrito de Barrancabermeja carece de una oferta local de vajillas desechables ecológicas. Es decir, la producción del distrito se centró en los derivados del petróleo dejando a un lado productos verdes, que permitan al sector de los restaurantes ofrecer una opción amigable con el medio ambiente a la hora de ordenar alimentos para llevar, y a los habitantes con limitaciones para decidir de forma sostenible sus compras de productos desechables.

A pesar de existir una regulación que incentiva la producción con materias primas provenientes del reciclaje y el eco-diseño, existe una baja intervención y promoción de la ley en la población que logre inferir en la decisión de compra y uso de productos desechables. Se hace indispensable indicar en los empaques o embalajes de los productos, elementos distintivos sobre el material de elaboración o huella ecológica que permitan ejecutar una decisión de compra informada.

Se puede deducir, que el sector de restaurante y los hogares son una fuente importante de desechos de productos no biodegradables en la ciudad de Barrancabermeja, debido a la frecuencia diaria de compra y utilización de estos productos. A pesar, de la conciencia que existe sobre el daño originado por la utilización de vajillas desechables no biodegradables y la importancia de cuidar el medio ambiente, solo un 3% de la muestra en el sector restaurantes adquirió productos amigables al medio ambiente y en el sector hogar el 77,60% desconoce el material de los productos que compra.

La percepción positiva que tienen las personas frente a los productos amigables con el medio ambiente es alta, pero también entienden que los insumos para lograr estos productos inciden en un elevado costo final. Esto permite concluir que el producto biodegradable carece de un precio competitivo con respecto a los productos tradicionales o regulares del mercado, el cual genera indagaciones para profundizar en futuras investigaciones como: ¿las industrias dedicadas a fabricar vajillas desechables biodegradables se aprovechan de los precios al consumidor? ¿Los insumos o materiales para fabricar elementos biodegradables son costosos, y de difícil acceso?

Para el sector de restaurantes de la ciudad, es importante entregar vajillas desechables de calidad y con un desempeño positivo alto, permitiéndoles mantener adecuadamente la temperatura de sus alimentos y bebidas como también la integridad de los mismos.

## REFERENCIAS

- [1] ONU. (2010). Sustainable development goals. Organización de Naciones Unidas.
- [2] Rondoni A. y Grasso S. (2021). Consumers behaviour towards carbon footprint labels on food: A review of the literature and discussion of industry implications. Elsevier.
- [3] Zhang X. y Dong F. (2020). Why do consumers make green purchase decisions? Insights from a Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18(17).
- [4] DNP. (2019) Objetivos de Desarrollo Sostenible. Departamento Nacional de Planeación.
- [5] DNP. (2022). Departamento Nacional de Planeación. Recuperado: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/2022\\_14\\_04\\_Informe\\_anual\\_avance\\_implementacion\\_ODS\\_en\\_Colombia\\_2022.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/2022_14_04_Informe_anual_avance_implementacion_ODS_en_Colombia_2022.pdf)
- [6] Rodríguez S. (2021). Consumidor Consciente. Esic Business & marketing School.
- [7] Alcaldía de Barrancabermeja. (2021). Barrancabermeja en Cifras. Secretaría de Planeación Distrital, Barrancabermeja.
- [8] DNP. (2023) Estadísticas por tema demografía y población. Departamento Nacional de Planeación.
- [9] Cámara de Comercio de Barrancabermeja. (2017). Estudios y Publicaciones. Recuperado: <https://www.ccbarranca.org.co/ccbar/index.php/estudios-y-publicaciones>
- [10] Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Portafolio de negocios verdes. Recuperado: <https://www.minambiente.gov.co/negocios-verdes/portafolio-de-negocios-verdes/>
- [11] Cárdenas D. et al. (2021). Envases desechables biodegradables. *Ingeniería Materiales* (3).
- [12] Sánchez A. y Murillo A. (2021). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: Cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates por la Historia* 9, 152-153.
- [13] DANE. (2020). Guía para la definición y la aplicación de pruebas en las operaciones estadísticas. Recuperado: <https://www.dane.gov.co/files/sen/lineamientos/Guia-para-la-aplicacion-y-definicion-de-pruebas.pdf>
- [14] Gallardo E. (2017). Metodología de la Investigación. Universidad Continental.
- [15] Hernández R. y Mendoza C. (2018). Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.
- [16] Calculator.net. (2022). Sample Size Calculator Recuperado: <https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html?type=1&cl=95&ci=10&pp=50&ps=333&x=63&y=14>
- [17] Ramos A. (2022). Interview. Población de restaurantes en Barrancabermeja.
- [18] Alcaldía de Barrancabermeja. (2016). Barrancabermeja en cifras. Recuperado: [file:///C:/Users/Angel%20Pe%C3%B1arredonda/Downloads/revista\\_barrancabermeja\\_en\\_cifras\\_2016\\_0.pdf](file:///C:/Users/Angel%20Pe%C3%B1arredonda/Downloads/revista_barrancabermeja_en_cifras_2016_0.pdf)
- [19] Sample size calculator. (2022). Find out the sample size. Recuperado: <https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html?type=1&cl=95&ci=7&pp=50&ps=46225&x=55&y=21>
- [20] El Tiempo. (2022). Los retos de la brecha de género en la industria de los alimentos. Recuperado: <https://www.eltiempo.com/contenido-comercial/los-retos-de-la-brecha-de-genero-en-la-industria-de-los-alimentos-662537>
- [21] Alcaldía de Barrancabermeja. (2022). Plan de ordenamiento territorial. Recuperado: <https://www.barrancabermeja.gov.co/documentos/86/plan-de-ordenamiento-territorial-pot/>
- [22] DANE. (2021). Número de personas por hogar. Recuperado: [https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/68081\\_infografia.pdf](https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/68081_infografia.pdf).
- [23] El Espectador. (2023). Barrancabermeja, 100 años de “petróleo - dependencia”. Recuperado: <https://www.elespectador.com/ambiente/barrancabermeja-100-anos-de-petroleo-dependencia/>
- [24] La República. (2019). Adoptar un estilo de vida de vegetarianismo o veganismo no es tan difícil como parece. Recuperado: <https://www.larepublica.co/especiales/mis-documentos-semana-santa-2019/adoptar-un-estilo-de-vida-de-vegetarianismo-o-veganismo-no-es-tan-dificil-como-parece-2853035>
- [25] MinAmbiente. (2021). Plan nacional para la gestión sostenible de los plásticos de un solo uso. Recuperado: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/plan-nacional-para-la-gestion-sostenible-de-plasticos-un-solo-uso-minambiente.pdf>
- [26] Portafolio. (2023). Enfriamiento sostenible: La apuesta para cambiar neveras de icopor. Recuperado: <https://www.portafolio.co/innovacion/innovadora-empresa-colombiana-apuesta-por-reemplazar-el-icopor-581545>
- [27] La República. (2023). Desde reciclarlo hasta prohibirlo. Conozca las iniciativas para reducir el uso de icopor. Recuperado: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/desde-reciclarlo-hasta-prohibirlo-conozca-las-iniciativas-para-reducir-el-uso-de-icopor-2970160>
- [28] MinSalud. (2012). Resolución 683 DE 2012. Recuperado: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0683-de-2012.pdf>
- [29] Revista Semana. (2019). Colombia, uno de los países que más demanda sostenibilidad corporativa. Recuperado: <https://www.semana.com/colombia-uno-de-los-paises-que-mas-demanda-sostenibilidad-corporativa/42819/>
- [30] PNUD. (2020). Lecciones del Covid-19 para una agenda de sostenibilidad en América Latina & Caribe. Recuperado: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-01/CD19-PDS-Number14A%20ES.pdf>

- [31] Centro de Estudios Regionales del Magdalena Medio y Observatorio mercado laboral. (2011). Módulo encuestas a hogares de Barrancabermeja. Barrancabermeja.
- [32] Centro de Estudios Regionales del Magdalena Medio y el Observatorio del Mercado Laboral. (2013). Encuesta a hogares en Barrancabermeja. Barrancabermeja.
- [33] Congreso de la República de Colombia. (2022). Ley 2232 de 2022. Colombia.
- [34] Rico C. y Romero S. (2019). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de productos (vajillas) biodegradables elaborados a partir de la celulosa de la caña de azúcar en el municipio de Villeta Cundinamarca, Facatativá. Universidad de Cundinamarca.
- [35] Valencia C. (2019). Consumo sostenible: Una comparativa entre Colombia y España en el sector textil. Universidad Autónoma de Occidente.
- [36] Blanca B. (2022). Diseño y desarrollo de prototipo de platos desechables biodegradables a base de residuos de cosecha y descascarado del arroz. Universidad Central del Ecuador.
- [37] Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2018). Departamento Nacional de Planeación. Recuperado: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>
- [38] Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2022). Departamento Nacional de Planeación - Adenda No. 1. Recuperado: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/Adenda%203918.pdf>
- [39] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Oficina de Negocios Verdes Sostenibles. Recuperado: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/10/Infografi%CC%81a-NV.pdf>
- [40] Sánchez J. (2020). Impacto del plástico de un solo uso y alternativas para su sustitución en el municipio de Urrao. Tecnológico de Antioquia.
- [41] Schmidt B. y Manley C. (2019). Basuras marinas: Impacto, actualidad y las acciones para mitigar sus consecuencias. Revista de Marina 958, 30-39.
- [42] Maldonado A. et al. (2019). Plan de negocio para la producción de platos desechables biodegradables, elaborados a base de hojas naturales, en la ciudad de Quito. Universidad de las Américas.
- [43] Lemus C. et al. (2016). Elaboración del estudio de prefactibilidad para el montaje de una empresa productora de vasos desechables biodegradables comestibles en la ciudad de Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- [44] Departamento Nacional de Planeación. (2023). Servicios al Ciudadano. Recuperado: <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-informacion/estratificacion-socioeconomica#preguntas-frecuentes>
- [45] Cárdenas J. et al. (2019). Una base de datos de precios y características de vivienda en Colombia con información de Internet. Revista de economía del Rosario 22(1), 75-100.
- [46] García M. (2021). Vivienda multifamiliar urbana post pandemia en Colombia. Universidad Piloto de Colombia.
- [47] Molina J. y Sala S. (2022). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de cubiertos desechables de bambú en el barrio Menga de la ciudad de Cali. Cali.
- [48] Muñoz D. y Parra A. (2021). Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de vajillas biodegradables. Universidad Antonio Nariño.
- [49] Crespo P. y Arias J. (2020). Plan de negocio para una fábrica de platos desechables a base de materiales biodegradables. Universidad San Francisco de Quito.
- [50] Marroquín F. et al. (2019). Consumo ecológico: Estudio exploratorio sobre el comportamiento de mujeres en Colombia. Revista Espacios 40(24), 24-27.
- [51] McDonalds. (2022). Compromiso sostenibilidad. España. Recuperado: <https://mcdonalds.es/compromisos/compromiso-sostenibilidad>
- [52] Starbucks. (2022). Sostenibilidad del Café. Recuperado: <https://www.starbucksathome.com/es/historia/sostenibilidad-del-cafe>
- [53] Forbes. (2023). Tupperware y Rappi se unen y lanzan opción de contenedores reutilizables. Recuperado: <https://www.forbes.com.mx/tupperware-y-rappi-se-unen-y-lanzan-opcion-de-contenedores-reutilizables/>
- [54] KFC. (2021). Responsabilidad social medioambiental. Recuperado: <https://www.kfc.es/nosotros/responsabilidad-social-medioambiental>
- [55] Secretaría de Planeación Distrital. (2020). Hablemos de estratificación. Recuperado: <https://www.barrancabermeja.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=104699>

# Presente y futuro de una hipotética ciencia de la salud

Luis Fernando Toro Palacio<sup>1</sup>  
*Universidad CES, Colombia*

Al margen de su fortuito y hasta la fecha desconocido origen, quizá la única garantía de continuidad para la vida sea el hecho de su coexistencia con la salud. De allí que la misma dificultad que entraña precisar qué es la vida, la comporta la definición de algo tan cardinal, tan diferente entre individuos de la misma especie y tan ajeno las más de las veces a cada uno entre la nuestra, como es la salud. Empero, hablamos de salud como si fuese un lugar común; planeamos, intervenimos, ejercemos controles en materia de salud y la proyectamos sistemáticamente, sin advertir que el cuerpo es al mundo lo que a la vida es la salud. Que de esta tétrada depende la unidad de la existencia, de cuya compleja urdimbre no somos más que hilos de longitud y expresión variables y que, pese al desarrollo de nuestro conocimiento al efecto, aún no tenemos idea de cómo se teje su insondable trama. La salud ha sido venerada, anhelada para nosotros mismos y para nuestros seres queridos e intentada para la humanidad; por épocas, ha pasado inadvertida, así haya sido utilizada; se ha cuidado tanto como abusado de ella; se la ha repudiado, sobrevalorado y confundido; ha estado siempre ahí, cual vacío entre la biología y la consciencia, como un poder o un recurso, ora ha sido pasaje, ora destino, pero la salud, hoy, tendría por qué ser una ciencia.

---

<sup>1</sup> Médico y Cirujano, Especialista en Gerencia de la Seguridad Social, Magíster en Epidemiología y Doctor en Humanidades. Contacto: [lftoro@ces.edu.co](mailto:lftoro@ces.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

A la ya clásica definición: *Salud, es el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades* [1], le han venido resultando algunas potenciales sustitutas, debido especialmente a cuatro condiciones que la misma implica: 1) la salud más que un estado, es un contínuum, concepto con el cual no se trabaja habitualmente en organizaciones como la Mundial o la Panamericana de Salud; 2) de no ser un estado, menos ha de ser algo ideal, como lo sugiere el calificativo de completa; 3) la disyunción entre física, mental y social con la que persistimos en considerarla, ha sido reemplazada por el término *integralidad* o por la visión *holística* (expresiones distantes del dominio público) del ser humano; y 4) el componente más claro y factible de esta definición, el bienestar, ha sido mejor aprovechado en los campos del turismo, el comercio y la moda, incluso en el ámbito de la corriente *New Age*, que en el de la salud, referente bajo el cual seguimos creyendo que para estar bien es requisito estar completamente sanos.

Ante las propuestas de nuevas definiciones para la salud que se encuentran en Internet, hemos tomado la que nos pareció más concreta y realista, de alguna manera una evolución frente a la vigente y la que, así sea tácitamente, hace partícipe a lo que al presente entendemos por calidad de vida: *La salud, es una manera de vivir cada vez más autónoma, solidaria y gozosa* [2]. Decimos, concreta, pues la salud no es disgregable del estilo de vida; realista, pues en salud de lo que nos preciamos es de tener autonomía y solidaridad (por protección) y gozo, y vinculante de la calidad, ya que ese *cada vez más*, alude a un proceso de mejoramiento continuo, el que suponemos es nuestro objetivo..., la realización de la existencia para *el hombre*.

Dentro de las iniciativas recientes en tal sentido se destaca –por la pertinencia de la pregunta: ¿cómo definir la salud? por los especialistas que se dieron a la tarea de contestarla y por lo legible, monetariamente sostenible y plausible de su propuesta– la que sirve de resumen al artículo del British Medical Journal en el que se publicó: *La definición de la OMS de la salud como el bienestar completo ya no es adecuada para el propósito, dado el aumento de la enfermedad crónica*. Huber y cols. [3] proponen *cambiar el énfasis hacia la capacidad de adaptación y de auto gestión frente a los problemas físicos, emocionales y sociales*. Al margen de su propósito, la conclusión de los investigadores invitados para el efecto concede creer –para nosotros algo más relevante– que se hace impostergable pensar la salud como un Sistema Complejo Adaptativo SCA, si lo que pretendemos es no tanto determinarla, sino determinarnos por ella. A propósito, agrega el artículo: *Así como los científicos ambientales describen la salud de la Tierra, como la capacidad de un sistema complejo para mantener un medio ambiente estable entre un rango relativamente estrecho. [...] Discusión que debe continuar e involucrar a otros interesados, a los pacientes y a miembros laicos del público* [3].

Esta es justamente la forma a nuestro entender más adecuada de ver, concebir y, sobre todo, de apropiarnos de la salud. La salud no como un *estado ideal*, lo mismo dependiente de (los determinantes sociales, por ejemplo) que separado (entorno, cuerpo y mente como hasta ahora) del primer caso; no, como la querida interdependencia aun cuando circunscrita de los catalanes, ni tampoco como la pionera *evidencia experta*, destacando un hecho dado por supuesto: que la salud del *hombre* es un fenómeno absolutamente terrenal.

Si asumimos la salud como un SCA, estamos admitiendo que se trata de un sistema primordialmente sensible a sus condiciones de origen (físicamente el caos del que provenimos: se vive al filo de la muerte por más sanos que nos encontremos), auto-organizado (lo que no podemos cotejar punto por punto con el equilibrio homeostático, así éste fenomenológicamente se comporte como tal), y emergente (¿qué no lo es en relación con la salud y en especial con las enfermedades?) Por eso, para nosotros una definición cabal lo mismo que contemporánea de salud, bien pudiera ser ésta: *SCA* cuya expresión *singular* es la *vida plena*. La cual contiene, en cursiva, los tres constituyentes fundamentales de la hipotética ciencia de la salud.

## 2. EL ESTATUTO DE CIENTIFICIDAD CONTEMPORÁNEO

La humanidad ha sido testigo de facto en la segunda mitad del siglo XX y lo corrido del XXI de eventos realmente sorprendentes. Siendo todos ellos órdenes nuevos que emergen del gran SCA al que denominamos mundo, y siempre el resultado imprevisto del sinfín de perturbaciones que acontecen sin cesar y que no solo los humanos producimos. Pero el mundo que creemos *nuestro* es una ínfima porción del universo, y de éste sabemos hoy que tiene, o carácter *no ergódico*. A un nivel de complejidad superior al



*de los núcleos atómicos, en el reino de las moléculas complejas, el universo no puede alcanzar el equilibrio en períodos infinitamente superiores a su edad histórica* [4]. O el de totalidad, como lo manifestara Merleau: *Un mundo que siempre está ahí, ya antes de toda reflexión, como una presencia inajenable* [5]. No obstante, muchos creen aún en la que, según Hawking, era la corriente general de pensamiento anterior a 1900: *Que el universo había existido por siempre en un estado inmóvil, o que había sido creado más o menos como lo observamos hoy, en un determinado tiempo pasado finito* [6].

Con independencia de que el humano promedio ignore lo que sepamos del universo, lo que sea que emerja en el mundo pasa actualmente por alguna forma de actividad científica. Así lo reconoce Harari: *La ciencia moderna es una tradición única de conocimiento por cuanto admite abiertamente ignorancia colectiva en relación con los aspectos más importantes* [7]. Concedemos, sin embargo, que al margen de que los asuntos éticos más sensibles se diriman hoy en día con base en la evidencia, *incluso la ciencia ha de basarse en creencias religiosas e ideológicas para justificar y financiar su investigación* [7]. De acuerdo con el historiador en el sentido de que, *mientras las tradiciones iniciales solían formular sus teorías a través de relatos, la ciencia moderna usa las matemáticas* [7], nos parece que la genuina diferencia con lo que sucedía en la antigüedad, es que en el tiempo de la complejidad (el de la ciencia que nos ocupa), los experimentos que con ellas conectamos en teorías, ya no deberíamos seguir contrastándolos con respecto al *ideal*, como lo advierten Prigogine y Stengers: *La experimentación interroga a la naturaleza, pero al modo de un juez. Su respuesta se registra con precisión, pero se evalúa frente a la idealización que guía el experimento* [8].

Con estos dos párrafos hemos querido contextualizar, muy brevemente, el hecho que vamos a patentizar: la emergencia de una todavía hipotética ciencia de la salud. Antes de presentar aquellos eventos que consideramos han cambiado de manera radical nuestra manera de investigar, de darles salida, de prevenir su reiteración y de trascender los problemas del mundo –entre los que se destacan y tienen que ver directamente con nuestro objeto: las enfermedades y la muerte, aceptemos en base a lo expuesto que, de salud, salud sabemos poco. Tenemos sí, y cada vez mejores conocimientos médicos. Disfrutamos de poderosas herramientas: el láser, los tomógrafos de emisión de positrones y los satélites, entre muchísimas más. Usamos formas de reproducción que prescinden del sexo y de la filiación; hasta nos atemoriza *nuestra* inteligencia artificial IA, pero aún no investigamos la salud por medio de la ciencia, la generalizable y vigente forma de conocer que contamos a nuestro haber.

### 3. PRESENTE CONTINUO

En las páginas siguientes queremos dejar constancia de la emergencia de una nueva ciencia. No de otra más de las caracterizadas como *de la salud*: odontología, medicina, fisioterapia, nutrición, etc., cuyo objeto de estudio, métodos, instrumentalización y resultados han girado siempre alrededor de la enfermedad, sino de la hasta ahora inédita *Ciencia de la salud*. Un rizo del conocimiento que se orienta exclusivamente al estudio, la promoción, gestión, conservación y potencialización de la salud, concebida ésta como un sistema complejo adaptativo cuya dinámica la expresaríamos –cada uno– viviendo a plenitud.

Y, para fundar y conceptualizar la salud en esa perspectiva, exponer cómo la nueva disciplina no es el fin de un proceso al que se sumaron hechos fortuitos o deliberados que dieron como resultado algo más completo o mejor de lo que al respecto hemos tenido. Pues si aún no posee sus propios referentes teóricos, sustrato experimental y evidencia ni el aval de la comunidad científica, no se debe a fallas estructurales, a factores inherentes de invalidez metodológica o a la falta de aplicación, sino a su novedad, y a que el contexto en el cual emerge y el modelo del saber con el que cabría otorgársele las correspondientes credenciales, igualmente se comportan como sistemas complejos adaptativos, carecen de análoga falta de reconocimiento y estado del arte y son tan novedosos como la disciplina que exteriorizamos.

Una explicación coherente acerca de los cambios acaecidos en el modo de concebir y de asumir la salud que pudieron haber favorecido el surgimiento de esta nueva disciplina (su historia), es una tarea que tendría todo el sentido una vez que alcanzase su estatuto de científicidad y obtuviera un cierto grado de aprecio a consecuencia de la transformación favorable en la calidad de vida que a ella le fuera imputable. Canguilhem fue claro al respecto: *La historia de la ciencia es la historia de un objeto que es una historia y tiene una historia, mientras que la ciencia es ciencia de un objeto que ni es historia ni la tiene* [9]. A la luz de los cambios

de paradigma, su proceso de gestación y desarrollo pudiera parecer disperso, a veces recurrente, otras progresivo o con fases de aceleración y estabilidad, pero siempre de curso imprevisto hasta el momento en el que se hubiesen dado las rupturas que en teoría la produjeron, como se desprende de *La estructura de las revoluciones científicas* [10]. Mas, desde el punto de vista filosófico, histórico o sociológico, y como si se tratara del destino personal, acabaríamos admitiendo que no pudo haber sido de otra manera.

Por tratarse de un caso potencial, una opción sería aplicarle a la ciencia en ciernes el *método descendente* [11]. Algo así como la identificación –a partir de variables demográficas, políticas, económicas y culturales del mundo actual, y luego de un estudio retrospectivo– de las condiciones que dispusieron el surgimiento de la nueva forma de estudiar y comprender, pero más aún, de vivir la salud. Lo que supondría asimismo el estudio y la comprensión de las enfermedades, para abandonarlas como único referente de la salud o exclusivas responsables de la muerte.

Para hallar la asociación explicativa, la validez, la verosimilitud (al margen de la provisionalidad propia de la certitud científica) y la pertinencia analítica necesarias para sustentar con la debida objetividad la disciplina, lo mismo que el modelo de creación, apropiación, uso y reemplazo del conocimiento en el que se la inscribe, les estudiaremos como aquella clase de sistemas alejados del equilibrio, sensibles a sus condiciones iniciales, con auto-organización y propiedades emergentes [12]. Por lo que su tratamiento nos exigirá la comprensión y aplicación de conceptos tales como los de *redes, resonancias y auto-semejanza*, de esquemas de retroalimentación no lineales y modelos informáticos evolutivos, la aceptación de la *irreversibilidad del tiempo* como una ley general y, de suyo, la de nuestro poder creativo, evidenciado científicamente por Prigogine, pionero de la ciencia contemporánea –la de la complejidad–: *Una ciencia que permite a la creatividad humana vivenciarse como la expresión singular de un rasgo básico, común en todos los niveles de la naturaleza* [13].

Como se puede colegir, la labor gira en torno a cuestiones cuyas respuestas aún están en proceso de elaboración, que tienen un alcance imprevisible y que minarían, en caso de que nos importen y nos avengamos con ellas o no, todo lo que damos por sabido y propio cuando no inseparable de nuestra condición. Por si fuera poco, aparte de las dificultades que comportan la resistencia al cambio y la asimilación de la novedad, es necesario solventar primero la que se plantea desde el punto de vista lingüístico: nombrar lo nuevo. Dados entonces, el tema del que se ocupa: un caso ejemplar de humanismo científico<sup>2</sup>, el enfoque con el que se aborda: la complejidad, y la clase y magnitud de los cambios de los que en él se habrá de dar cuenta, a este producto lo adscribiríamos mejor en la ingeniería que en *la artesanía intelectual* [15].

Sirva afirmar, a manera de justificación, que la salud concita a la fecha la atención no solo de los gobernantes, las organizaciones sectoriales y los especialistas en el asunto, como también la de los más sanos y anónimos habitantes de la Tierra. Con el despuntar del presente siglo se propusieron los mal o bien cumplidos Objetivos de desarrollo del milenio [16], que parecían endosados única y exclusivamente al sector sanitario. A éstos los siguieron los Objetivos de desarrollo sostenible [17], de los que, el 3, Salud y bienestar y el 6, Agua limpia y saneamiento son los de más directa competencia sectorial, no obstante, el 13, Acción por el clima, el 14, Vida submarina y el 15, Vida de ecosistemas terrestres, admiten mucho más abiertamente la insensatez que conlleva la separación del ser humano y la naturaleza. Si a ello le agregamos el interés y aportes de notables en otros campos [18], podemos ver claramente la relevancia de la salud en lo contemporáneo.

Es en este mismo sentido que hasta los países más desarrollados, las sociedades de reconocida solidaridad y moderación en sus costumbres, así como aquellos individuos cuyo estilo de vida es un ejemplo para los demás, muestran al presente un renovado interés por la salud, una manera decidida de apropiársela que, va siendo consenso, tiene que ver menos con preceptos e intrusiones de todo tipo, que con nuestras relaciones armoniosas con la naturaleza, el bienestar y la vida digna de todos los seres.

Precisamente, una de las principales razones por las que la prestación de los servicios de sanidad tiende a ser insostenible en el mundo, la salud pública se embrolla en gran parte de él, en tanto la individual se

---

<sup>2</sup> *La fase de evolución -cultural- a la que llegado el mundo y en, pero más con el tiempo, la condición para la existencia y propagación, o referente de realidad, de las únicas criaturas a quienes eso les importa: nosotros mismos* [14].

continúa expresando sobre las barreras de acceso a la atención cuando se menoscaba y a la ignorancia sobre lo que implica cuando se tiene, es que las formas como solemos concebir, operar y valernos de la salud han estado desenfocadas por regla general. Buscamos la salud a través de la contra, como si conjurásemos un maleficio. Aspiramos a mejores condiciones de salud y con ellas a incrementar nuestro bienestar, y terminamos, pese a darle categoría de derecho fundamental a la salud, lucrando a los que trafican con las enfermedades y la muerte, y coartándoles, casi siempre a los más pobres, su libertad, dignidad y autonomía.

Acorde con lo anterior, la ciencia de la salud, más que una materia nueva de la que enterarnos, es una buena excusa para examinarnos a nosotros mismos, para apercebirnos de la ruptura que tiene lugar en todas partes y a todo nivel, ruptura que no es epistemológica, que no encaja propiamente en una revolución científica ni refleja una época de cambios, sino que es, encaja en y refleja un cambio de época. Y, una vez que seamos conscientes del poder y las limitaciones que conlleva ser humano, pensemos la salud como una pertenencia inalienable de 'lo vivo' y como tal objeto de la ciencia. Veamos que nos dicen reconocidos autores a propósito:

*He intentado demostrar que la actitud científica desempeña un papel muy definido en el diálogo entre lo posible y lo real. El siglo XVII tuvo la sabiduría de considerar la razón como una herramienta necesaria para tratar los asuntos humanos. El Siglo de las Luces y el siglo XIX tuvieron la locura de pensar que no solo era necesaria, sino suficiente, para resolver todos los problemas. En la actualidad, sería una mayor demostración de locura decidir, como quieren algunos, que con el pretexto de que la razón no es suficiente, tampoco es necesaria [19].*

*La atención se ha desplazado de las vastas unidades que se describían como 'épocas' o 'siglos', hacia fenómenos de ruptura. Las escansiones más radicales son los cortes efectuados por un trabajo de transformación teórica cuando funda una ciencia desprendiéndola de la ideología de su pasado y revelando ese pasado como ideológico. La historia del pensamiento, de la filosofía, de la literatura, de los conocimientos, parece ampliar las rupturas y buscar los erizamientos de la discontinuidad [20].*

*La cultura científica no solo es una meta deseable; es una imperiosa necesidad. La ciencia está en el centro de la cotidianidad y gravita sobre nuestros inmediatos intereses educativos, económicos, políticos y sanitarios. La incultura en materia de ciencia no es un rasgo que requiere ser superado para mejorar la sociedad, sino una genuina adversidad cuya capacidad de estropicio se subestima, en parte por la falta de una cultura de científicidad que permita aquilatar el peligro que entraña [21].*

*Con el título: La nueva alianza, afirmábamos que, más allá de falsas clasificaciones, de prohibiciones, de limitaciones culturales, políticas y económicas, las ciencias no tienen, por derecho, más límite que la creatividad humana. No son una limitación fatal a la que someternos sino una restricción que causa significado, que no dejamos de crear y que podemos crear de forma que no construyamos contra ella, sino con ella, las nuevas vías de diálogo entre los hombres y con el mundo que habitan [8].*

Ahora bien, como uno de los últimos réditos del positivismo, mantenemos la idea de reputación y de necesidad implicada en el concepto ampliado de especialización, algo que, en el terreno en el que nos movemos, suena a exceso si hablamos, por ejemplo, del MD, oftalmólogo, retinólogo, *research fellow in macular degeneration*, o también del MD, neuro-radiólogo, MS.c. en Estadística, Ph.D. en Epidemiología, *Postdoc in Bayesian analysis*.

De otro lado, la respuesta al exponencial aumento de diversidad y complejidad en todos los órdenes –entre los que el de la actividad cognoscitiva es un fiel exponente, mas no el único– se patentiza en la proliferación de clasificaciones arbitrarias en áreas distintivas de nuestra propia condición, tales como la ética. Sin agotar el espectro, hoy se habla de bioética y de ética civil [22]; *Ética de la razón cordial* [23]; *Bioética computacional* [24]; *Ética animal* [25]; *Bioética plural* [26]; ética para la investigación y ética de casi toda profesión. Entre tanto, se revela la confusión y hasta la impotencia de los intelectuales que se ocupan de *orientar la salud* (investigadores, legisladores, catedráticos y consultores), al darle carácter sectorial a la inequitativa distribución de la riqueza y la exclusión en el mundo con el supuestamente nuevo enfoque de la salud desde *los determinantes sociales*.

Sin desconocer los esfuerzos que –en busca de salidas a una realidad que, si es insostenible, es para quienes la padecen– adelantan los luchadores por la justicia social, afirmamos que no es cambiándole de nombre a las disciplinas o repitiendo discursos que ya caducaron como se hace la ciencia, como se consigue la equidad

en el acceso a los servicios, se le garantizan los derechos a la gente ni se acaba con la marginalidad. Tomados del curso Fundamentos de los determinantes sociales de la salud, de la OPS en 2010 [27], la lectura de los siguientes artículos nos servirá para constatar en qué lado se encuentra la necesaria razón en este caso: La epidemiología crítica: una nueva forma de mirar la salud en el espacio urbano [28]. Equidad de salud y etnia desde la perspectiva de género [29]. Pobreza y desigualdades en el sector de la salud [30]. La crisis de la salud pública y el movimiento de la salud colectiva en Latinoamérica [31]. Como lo sustenta la doctora Caponi: *La extensión de este enfoque de la salud al trabajo, la alimentación, el placer, el tiempo libre, etc., entraña el grave riesgo de que todos los ámbitos de la existencia de los hombres puedan ser considerados como medicalizables* [32].

Un asunto que compete al inédito profesional en ciencia de la salud, pero que tal como se le maneja hasta ahora no deja de ser un problema irresoluto, tanto por la vía del capitalismo que trastabilla, como por la del comunismo que decayó. Una cosa son los determinantes sociales de las enfermedades: pobreza, desescolarización, barreras de acceso a los servicios, información asimétrica, discriminación... Y otra diferente los determinantes sociales de la salud: la tolerancia y la solidaridad, el empleo, la seguridad social, etc. Pero también los determinantes físicos, químicos, biológicos y matemáticos de la salud, los que concentran la inversión en CT e I de –como lo predijo Pagels: *Los países y las personas que dominen la nueva ciencia de la complejidad, se convertirán en las superpotencias económicas, culturales y políticas del siglo XXI* [33].

Iniciamos la concreción de la ciencia de la salud sobre la base de tres referentes que de momento tienen solo un carácter hipotético y que no alcanzan para fundar con ellos una teoría, al menos no con el rigor que lo enseñan Strauss y Corbin [34]. Sin embargo, por la misma razón no cargan con el lastre de la plenitud perdida o la vigencia objetivamente cuestionada ni sufren de anacronismo, a saber:

- El humanismo científico. En palabras de la profesora Clara Posada: *Un nuevo modo de ser en el mundo, en el que todo se conduce por la dicha de aprender, y con el que se nombra, no un sector del conocimiento, sino un acontecimiento* [35].
- La cultura contemporánea. O la actual manera de habitar el mundo. En la que la sutileza resulta ser la estrategia vital clave, tal como lo fueron otrora la fuerza, la profundidad y la velocidad, en ese orden.
- La vida plena. Aquella que es posible realizar en el *breve* lapso que sigue a un desahucio, pero que no siempre es fruto de la longevidad y la perfecta salud.

Los constituyentes de esta nueva disciplina los obtendríamos de las áreas que reúnen la vigencia y aplicabilidad benéfica del conocimiento. Pues el saber erudito, coloreado de sensibilidad artística, generador y tributario de distinción social que fue la divisa del humanismo, no es de ogaño. Ahora estudiamos humanidades, mas, por ello no seremos humanistas. Por su parte, del saber que estalló con la ola positiva, al que debemos gratitud perenne por permitirnos aprender, sobre todo a conocernos, solo quedan los vestigios. El cientificismo a ultranza también lo superamos, y de la dinámica de sus sucedáneas: –la llamada Nueva era, un modo de vivir como antes, y la Postmodernidad, a la que califican de *babélica* y la etimología de la voz alumbra muerta– no han emergido hasta ahora conocimientos nuevos. Lo que sí sucede a cada nada en la ciencia contemporánea.

La salud científica surge en la convergencia de cuatro grandes líneas de investigación que iniciaron allá por 1950. En conjunto se conocen como *Small BANG*, acrónimo con el que las compendiamos. Con la B, de bits, aludimos a la informática, la virtualidad y, por ésta, a la vida artificial in *silica*: *robosapiens*, *sintespianos* y avatares, y la inteligencia artificial. La Á, de átomos, nos dice de la Organización Europea para la Investigación Nuclear CERN y del rastreo de partículas como los neutrinos y el bosón de Higgs. En torno a la N, de neuronas, investigamos, dentro de la convergente neurociencia, los aspectos más notables de lo que vamos llegando a ser: la evolución y plasticidad del cerebro humano, la consciencia y, por el *principio antrópico*, la propia evolución del universo. Y con la G, de genes, conocemos de biología ingenieril y de VA in vitro: criogenia, reprogenética, transgénica, clonación y vida sintética. En síntesis, el Pequeño *Bang* nos habla de la ciencia toda, que devino complejidad, pero entendiendo esta última como Prigogine y Stengers: *En términos físicos y no de falta de conocimiento* [8].

Sirva aclarar que lo que vincula los saberes en un proyecto actualmente es, en nuestro modo de ver, la comunión de objetivos e intereses y no tanto las profesiones de quienes los llevan a cabo. Que el sustrato de realidad sobre el que actuamos (o que, más propiamente, perturbamos) está pautado, pero nunca limitado por el conocimiento vigente, mientras que la rigurosidad y el esfuerzo serían más bien que insumos, resultantes del talento (normal), la disponibilidad (clave frente a la incertidumbre) y *las ganas*, estrategia que denominamos TDG.

Para mayor ilustración, presentamos una estratificación, con base en 4 entes: 1) de los componentes de salud actualizados, las áreas científicas desde las que al presente se abordan y el nivel de su aplicación práctica; 2) los referentes, y su concerniente aproximación conceptual; 3) los emergentes, ligados a sus complementos naturales; y 4) los alicientes, asociados a la clase de apertura requerida para su comprensión. Por último, con 6 P indicamos sumariamente qué representan dichos entes hoy en día, al tenor de la plenitud y utilidad de tal conocimiento. Una síntesis actualizada con la que inspirar otros pensamientos, advertidos de que así nos posibilite acceder a dimensiones más incluyentes de la realidad, ello no implica que las conocidas desaparezcan de golpe (Tabla 1).

**Tabla 1.** Factores perturbadores del SCA salud *en equilibrio* \*

Componentes	Ciencias	Nivel	6 P
Biológico	Ingeniería molecular/ Neurociencia	Predominantemente individual	
Evolutivo	Sociobiología/ Biología evolutiva	De la especie	El prodigio
Tecnológico	Vida artificial/ Inteligencia artificial/TIC	De la nueva subespecie o identidad**	
Estructural global emergente***	¿De la complejidad?	¿Del sapiens... qué?	El pasaje
Ambiental	Ecología	Del <i>sapiens sapiens</i>	
Económico	Admón./Finanzas	Global	
Político	Geopolítica/Derecho	Estatal/Regional	El pesar
Social	Psicología/Sociología	Comunitario/Local	
Referentes	Aproximación		
Humanismo científico	Modelo de conocimiento		
Cultura contemporánea	Manera de habitar el mundo		la posibilidad
Vida plena	Máxima expresión de la salud		
Emergentes	Complemento		
Tiempo irreversible	Función de onda probabilística		
Incertidumbre	Creatividad humana		El presente
Caos impredecible	Auto-organización y propiedades emergentes		
Alicientes	Apertura requerida		
Pequeño BANG	Mental		
Complejidad científica	Temporal		El proyecto
Ciberespacio/Virtualidad	Actitudinal		

\* Publicada únicamente como texto en PAHO Journal [36].

\*\* Transición en la que nos encontramos, desapercibidamente la mayoría, y que bosquejara Leroi-Gourhan como una de las soluciones al problema de la *planetarización* humana [37].

\*\*\* Según Langton [33], en los SCA la Estructura Global Emergente EGE refleja el orden espontáneo creado por los flujos de información entre las interacciones, de arriba abajo [*históricamente afirmadas por el Vitalismo*] y de abajo a arriba [*refutadas por el Mecanicismo*], unidas por un estrecho e interminable bucle retroactivo.

Por otra parte, Canguilhem [38] expone que debe entenderse por *médica* una actividad, immanente al organismo, de compensación de déficits, restauración del equilibrio roto y rectificación de la marcha al detectarse un desvío. A propósito, debemos dejar en claro que la ciencia de la salud no es óbice para que la medicina, bienhechora y loable actividad, continúe su avance. Sin embargo, ahora cuando con su base de evidencia ha permeado todas las instancias de lo humano, es hora de ponerle coto a lo que hasta cierto punto se ha vuelto una injerencia indebida. En otras palabras, hay que *desmedicalizar* la vida.

La salud es algo bien importante como para dejarla exclusivamente en manos de los médicos, dice la sabiduría popular. Dicho de otra forma, vivir a plenitud es algo personal, tan inmediato que no requiere ni pensarse. Lo dice mejor Pessoa: *Creo en el mundo como en una margarita / Porque lo veo, mas no lo pienso / Pensar es no comprender / El mundo no se hizo para pensar en él, sino para, al mirarlo, estar de acuerdo* [39].

En correspondencia con la sensibilidad de los tópicos tratados y la consideración que nos merecen quienes los estudien, procede advertir que en la perspectiva que le hemos querido a dar a la ciencia de la salud no debemos dar nada por supuesto. Ello equivale a que, salvo cada uno, nadie más sabe cómo dirigirse a ella. Que nunca será tarde, ya no para ir *en busca del tiempo perdido* [40], sino hasta *cuando el destino nos alcance* [41]. Eso sí, mientras prime la convivencia (co-evolución cultural), sobre la supervivencia (evolución biológica). Y, una vez lograda, *la obliteración de lo sabido por la incorporación de lo aprendido* [42]. En su ámbito de aplicación, se sigue que nos preguntemos si el corpus experimental de la ciencia contemporánea nos permitirá extrapolar nociones de estructuras disipativas, caos impredecible, orden espontáneo, resonancias, atractores, e inestabilidad, ruptura de la simetría temporal, espacio y transiciones de fase, entre las principales, a un tipo de pensamiento, modelo de conocimiento y a una ciencia que cuenta, en el vasto espacio de lo posible, con todo para *ser*, pero que en el no menos extendido de lo real no ha *sido* todavía.

¿Acaso fue el celo por mantener a raya las enfermedades y ganarle pírricamente uno que otro round a la temida parca, lo que nos hizo errar el rumbo? ¿Qué sigue siendo válido y qué no de la definición usual acerca del tema? ¿Acaso para estar sanos es necesario seguir pautas impuestas? ¿O será que nuestras incursiones por el mundo, con todo y que las movilice la subjetividad, son en sí mismas el producto de una envoltura genética específica, determinado poder hacer, una gradación variable de relaciones con el mundo, la invisible mano de la fatalidad, y del uso que individual y entre todos hagamos de la intencionalidad, la responsabilidad y la libertad?, tal como se aprecia en el arduo y fructuoso diálogo entre Changeux y Ricoeur [43].

La Figura 1 ilustra lo que en *el fondo* ha sido nuestra manera de aproximarnos a la salud. Lo que pasa es que el problema lo seguimos teniendo en *la superficie*. ¡En nuestra inmediata realidad!



Figura 1. Salud: Esquema de actuación y transacciones

#### 4. FUTURO ABIERTO

Esta última sección está signada, como cualquier emprendimiento humano en esta época, por la incertidumbre. La ventaja es que lejos de aterrorizarnos como sucedía antaño, no saber qué nos ha de pasar conlleva hoy día la confianza de que lo que ocurra no necesariamente será algo indeseable o funesto. Dicha confianza parte de la reivindicación de nuestra creatividad. De ella dependerá que a cada uno de nosotros *se nos den las cosas*, que podamos vivir, dentro del sinfín de posibilidades, plenamente.

Tal es el horizonte hacia el que echamos a volar la posible ciencia de la salud. El vuelo tiene sentido, ese extraño atractor fenomenológico. E igual tiene *valor biológico* [44] propulsor autónomo por el que la vida, tal como lo intuyó Simmel [45]: *solo puede existir a condición de ser más-vida*. De allí que el concebirnos como *creadores* nos dirige hacia esa *dimensión en que la vida trasciende cuando es no solo más-vida, sino más-que-vida* [45]. Nos hallamos, pues, en una plataforma de lanzamiento, participando del despegue de una ciencia que, con el impulso de la biología y la atracción de la consciencia, nos dirija hasta la inexplorada salud.

Y si el vuelo a lo desconocido es incierto por antonomasia, como abierto es el futuro por la irreversibilidad del tiempo, para señalar algunas eventuales restricciones que después viabilicen resultados favorables, en ausencia de trazabilidad entre éstos y lo que imprevisiblemente los genere, vamos a culminar este trabajo preguntándonos: 1) qué justifica una ciencia de la salud; 2) qué la posibilita, 3) qué facilita, a su vez, dicha ciencia, 4) qué dominios de conocimiento la comprenden, y 5) Qué estudiaríamos sobre salud en ellos.

Como podemos constatar, el no saber de salud no nos inhabilita para la aventura de su indagación, al contrario, puede incluso facultarnos para hacerlo de una manera productiva. La respuesta a estas cinco

preguntas, más que un itinerario inequívoco para llegar a buen puerto, son unas pautas adaptables para movernos de una manera fluida entre lo simple y lo complejo, el orden y el caos, entre la efímera certeza de la ciencia y el infinito potencial del pensamiento. Finalicemos, entonces, con los que serían las cuestiones fundacionales de la nueva ciencia, con cuyas respuestas podríamos empezar a: Iluminar el paso desde nuestra anacrónica identidad de pacientes a la más incierta y a un tiempo creativa y libre identidad de agentes de la salud.

#### 4.1 Qué justifica una ciencia de la salud en el presente

Aparte de lo informado hasta este punto, y entre la pléyade de transformaciones a las que hemos asistido en las ocho décadas pasadas, que no podría expresarse de mejor forma que admitiendo, con la profesora Posada, que: *Somos la primera generación que olímpica pero soberanamente estamos viendo evolucionar* [35], nos parece que con la sola enunciación de las siguientes situaciones en función de la salud damos una idea cercana a lo que está pasando en este mundo percibido y versátil que, no obstante, a muchos les sigue pareciendo inmutable:

1. Malestar e insatisfacción generalizados. Vaga pérdida de sentido en la existencia. Inestabilidad social.
2. Desenfoco frente a la salud: anacronismo, desesperanza *subsana* con excesos: de labor (Síndrome de Burnout), de comida (obesidad) e intervencionismo UCI.
3. Fin de las certidumbres. Ingreso en la dimensión probabilística de lo real. Vuelta a los fundamentalismos.
4. Singularización de la conciencia. Cambio de época, no de identidad. *Búsqueda del ahogado río arriba* o de cómo acrecentarnos, conservando.
5. Otros pasajes: del ser al devenir. Del aprendizaje (por imitación) a la creación (de interés colectivo). Del convencimiento a la osadía.
6. Convergencia, conceptuada socialmente hablando como la conciliación, el acuerdo y el consenso en los hechos, no desde las posiciones.
7. Humanismo científico. Pensamiento experimental. Ciencia de la complejidad. Cultura de la salud.

#### 4.2 Qué factores y condiciones la hacen posible

Salvo aquellas circunstancias a simple vista contrarias a lo que entendamos por una vida plena, varias de las transformaciones anteriores no solo justifican esta ciencia de la salud, sino que constituyen sus condiciones de posibilidad. Con énfasis en los campos donde emergen más que en los detalles de su producción, entre ellas, están: La convergencia global en sanidad [46]. La complejidad y la evidencia, legítimas signaturas de la ciencia contemporánea. Las TIC, el ciberespacio y la virtualidad: los modos que en este tiempo tenemos de *Ser-en-el-mundo* [47]. El inusitado alcance que tiene la exploración de los fenómenos que Deacon llamó *entencionales*,<sup>3</sup> la vida, la consciencia, la salud, entre muchos. El reencuentro de los adultos con la lúdica. Las restricciones, el trabajo y la creatividad, bases de la selección natural y de la auto-organización, las dos formas de evolución que recombinándose de una y múltiples formas nos han traído hasta aquí.

#### 4.3 Qué facilita, a su vez, esta nueva ciencia

Con mucho de inocencia si se quiere, porque... *Amar es la única inocencia. Y la única inocencia no pensar* [39], nos parece que de darse al menos uno de los siguientes tres beneficios, esta ciencia de la salud que iniciamos como una aventura de conocimiento habrá valido la pena. Ellos son:

- La cohesión social (en el respeto por la diferencia)
- El tránsito a una nueva identidad (en armonía con la naturaleza)
- El desarrollo individual hasta la muerte digna (en el lapso de una vida plena)

---

<sup>3</sup>Adjetivo genérico -que propusiera este autor- para describir todos aquellos fenómenos intrínsecamente incompletos, en el sentido de estar en relación con, constituidos por, u organizados para conseguir algo no intrínseco [48].

#### 4.4 Qué dominios de conocimiento la comprenden

Más allá de la todavía hipotética ciencia de la salud, el humanismo científico todo, es decir, la filosofía que devino experiencia, para los muchos que no somos filósofos y la ciencia que devino complejidad, para los científicos que siguen siendo pocos, se manifiesta en estas cuatro zonas a las que llamamos Dimensiones Eme<sup>4</sup>:

1. La Zona de las dimensiones máximas ZDM. Dominio en el que Hawking propuso que *el universo se crea a sí mismo*. Hipótesis que, de ser verificada por la observación, como él avizoró, *será la culminación de una búsqueda que se remonta a más de tres mil años. Habremos hallado el Gran Diseño* [11].
2. Por su parte, en la zona de las dimensiones mínimas ZDm, Prigogine dejó demostrado cómo se generan tanto el orden como el caos a partir del último. De otra forma, cómo *lejos del equilibrio la materia adquiere nuevas propiedades. [...] Metafóricamente es lícito decir que en estado de equilibrio la materia es ciega, en tanto que lejos del equilibrio empieza a ver* [13].
3. En la zona de las dimensiones medias ZDm, Langton, Kauffman y otros han verificado –con la simulación de fenómenos naturales–, la inanidad de seguirnos debatiendo en la polaridad Vitalismo/Mecanicismo, cuando las interacciones locales de los *biosistemas*, desde las bacterias hasta Gaia, se comportan como súper organismos.
4. Por último, la zona de las dimensiones más ZDμ, singularmente, *mías*: de cada uno, alude a la conciencia que –gracias a la disipación integrativa que le atribuimos (no sin temeridad) y a lo que de ella nos han legado los humanistas, los científicos y los humanistas científicos de todos los tiempos– se comporta como el compresor universal: *Lo que conoce*. Campo en el que está comprendida no solamente la salud, sino cada partícula del universo y cada uno de nosotros. Sobre ese *compresor universal*, ensayamos esta hipótesis:

*La conciencia pudiera ser, entonces, una singular estructura disipativa con el poder de transmutar la materia (corpórea) y la energía (vital) en información creativa, asimilable, de momento, al concepto espíritu. Para efectuar dicha transmutación, en física, transición de fase, oscila –retorna– de lo simple a lo complejo a través de los dos movimientos que son Uno: la sabiduría (simplicidad profunda) y el conocimiento (complejidad superficial). Aquélla, entendida también como experiencia y éste, de predominio científico hoy en día* [49].

#### 4.5 Qué estudiaríamos en ellos para comprender la salud

La respuesta a esta pregunta quisiéramos que fuese una verdadera interactividad. Por hallarnos todavía en una relativa ignorancia frente a nuestro objeto, podemos afirmar que cualquier ítem que encaje en nuestra definición preliminar de salud: *SCA cuya expresión singular es la vida plena*, serviría al efecto. He aquí nuestra propuesta:

1. ¿Qué es la vida hoy? Fundamentos de biología evolutiva, sociobiología y vida artificial (VA in vitro e in silico). Relieves adaptativos. Relaciones, intercambios, diversidad y complejidad en Gaia. Termodinámica en y fuera del equilibrio.
2. Salud: un sistema complejo adaptativo [36]. Una nueva racionalidad. Los sistemas de prestación de servicios de salud modelados matemáticamente o por IA y mediante esquemas de retroalimentación no lineal. Nociones de redes, fractales y resonancias. Urbanismo y hábitat, desde la criticalidad *autoorganizada* [50].
3. Mitos, hechos y tendencias en salud. *Visión del mundo* y ambientalismo. Integración de la materia, la energía y la información en aras del bienestar. Emergencias y extinciones. Convivencia global. Integridad e integración.

---

<sup>4</sup> Dimensiones que están extensamente desarrolladas en *El mundo de la razón sutil*, ad portas de ser publicado.



4. La búsqueda del prodigio. *Del aprendizaje al pensamiento creativo* [12]. Del ser al devenir, pero no solo filosóficamente [51]. Ciencia, tecnología e innovación: un mundo maravilloso... una aventura azarosa, sin finalidad.
5. La salud en la perspectiva del humanismo científico. Pensamiento y conocimiento enfocados en la salud. Cultura y conciencia de la salud. Ciencia de la salud.

## 5. CONCLUSIONES

Siendo coherentes con la anterior exposición de motivos por los que, en el humanismo científico, podríamos legitimar una ciencia de la salud, y asimismo con los que no llevan a aceptar que hasta ahora ella no sea más que una hipótesis, concluimos nuestro artículo en vez de con una deducción, con una íntima constatación:

*Como la memoria, como la energía, como la vida misma,  
la salud no se pierde, se transmuta.*

*Las que prevenimos, las que combatimos,  
las que nos afligen, desgastan y llegan a producirnos frustración,  
son las enfermedades.*

*De la ubicua enfermedad es de la que nos 'lucramos',  
humanamente hablando.*

*Pues el horror, el agujero negro,  
lo que ciertamente nos confunde y nos apoca es, aún, la muerte...  
Nuestra propia muerte.*

## REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud. (1946). Definición de salud. Preámbulo de la Asamblea de Constitución.
- [2] Gol J. et al. (1976). Definición de Salud. Xè Congrés de metges i biòlegs en llengua catalana. Recuperado: <https://ecriteriumes.wordpress.com/2012/01/22/definicion-de-salud-i-la-definicion-de-la-oms/>
- [3] Huber M. et al. (2011). How should we define health? *British Medical Journal* 343, d4163.
- [4] Kauffman S. (2003). Investigaciones. Complejidad, auto-organización y nuevas leyes para una biología general. Tusquets Editores.
- [5] Merleau M. (1975). Fenomenología de la percepción. Ediciones Península.
- [6] Hawking S. (1989). Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros. Editorial Crítica.
- [7] Harari Y. (2016). De animales a dioses. Penguin.
- [8] Prigogine I. y Stengers I. (1997). La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia. Alianza Editorial.
- [9] Canguilhem G. (2009). Estudios de historia y de filosofía de las ciencias. Amorrortu Editores.
- [10] Kuhn T. (2006). La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica.
- [11] Hawking S. y Mlodinow L. (2010). El gran diseño. Editorial Crítica.
- [12] Gell M. (1997). El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo. Tusquets Editores.
- [13] Prigogine I. (1997). El fin de las certidumbres. Editorial Santillana.
- [14] Toro L. (In press). El mundo de la razón sutil. Editorial Grámmata.
- [15] Cataño G. (2004). La artesanía intelectual. Plaza & Janés.
- [16] Organización de las Naciones Unidas. (2000). Objetivos de desarrollo del milenio. ONU.
- [17] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016). Objetivos de desarrollo sostenible. ONU.
- [18] Sen A. (2000). La salud en el desarrollo. Boletín de la Organización Mundial de la Salud OMS.
- [19] Jacob F. (1997). El juego de lo posible. Grijalbo.
- [20] Foucault M. (2010). La arqueología del saber. Siglo XXI Editores.
- [21] Silva L. (2009). La investigación Biomédica y sus laberintos. En defensa de la racionalidad para la ciencia del siglo XXI. Díaz de Santos.
- [22] Potter V. (1971). Bridge to the future. Prentice Hall.
- [23] Cortina A. (2009). Ética de la razón cordial. Educar en la ciudadanía en el siglo XXI. Ediciones Nobel.
- [24] Vallverdú J. (2009). Bioética computacional. [e-Biotecnología: simbiosis de valores]. Fondo de Cultura Económica.
- [25] Querol N. (2008). Ética animal. Violencia hacia animales por menores... ¿cosas de niños? *Revista de Bioética y Derecho* 13, 12-28.
- [26] Ochoa F. et al. (2012). Bioética plural I. Editorial CES.
- [27] Organización Panamericana de la Salud. (2010). Curso virtual Fundamentos de los determinantes sociales de la salud. OPS.
- [28] Breilh J. (2010). Epidemiología crítica: Una nueva forma de mirar la salud en el espacio urbano. *Salud Colectiva* 6(1), 83-101.
- [29] Artilles L. (2007). Equidad de salud y etnia desde la perspectiva de género. *Revista Cubana de Salud Pública* 33(3), 1-13.
- [30] Wagstaff A. (2002). Pobreza y desigualdades en el sector de la salud. *Revista Panamericana de Salud Pública* 11(5/6), 316-326.
- [31] Almeida N. y Silva J. (1999). La crisis de la salud pública y el movimiento de la salud colectiva en LA. *Cuadernos médico-sociales* 75, 5-30.
- [32] Caponi S. (1997). Georges Canguilhem y el estatuto epistemológico del concepto de salud. *História, Ciências, Saúde* IV(2), 287-307.
- [33] Lewin R. (2002). Complejidad. El caos como generador del orden. Tusquets Editores.
- [34] Strauss A. y Corbin J. (2002). Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Editorial Universidad de Antioquia.
- [35] Posada C. (2004). Curso: Humanismo científico (sin memorias).
- [36] Toro L. y Ochoa F. (2012). Salud: un sistema complejo adaptativo. *Revista Panamericana de Salud Pública* 31(2), 161-165.
- [37] Leroi A. (1971). El gesto y la palabra. Ediciones de la Biblioteca.
- [38] Canguilhem G. (2004). Escritos sobre la medicina. Amorrortu Editores.
- [39] Pessoa F. (2007). Antología poética. El poeta es un fingidor. Espasa Calpe.
- [40] Proust M. (1982). En busca del tiempo perdido. Editorial Oveja Negra.
- [41] Fleischer R (1973). Cuando el destino nos alcance (Soylent Green). Metro-Goldwin-Mayer.
- [42] Cataño G. (2012). Conceptos mertonianos. Universidad EAFIT.
- [43] Changeux J. y Ricoeur P. (2002). La naturaleza y la norma. Lo que nos hace pensar. Fondo de Cultura Económica.
- [44] Damasio A. (2010). Y el cerebro creó al hombre. Ediciones Destino.
- [45] Simmel G. (2007). Intuición de la vida. Prometeo Libros.
- [46] Price Waterhouse Coopers. (2006). HealthCast 2020: Creando un futuro sostenible. Health Research Institute.

- [47] Dreyfus H. (2002). Ser-en-el-mundo. Comentarios a la división I de ser y tiempo de Martin Heidegger. Editorial Cuatro Vientos.
- [48] Deacon T. (2013). Naturaleza incompleta. Cómo la mente emergió de la materia. Tusquets Editores.
- [49] Toro L. (2017). La conciencia en la perspectiva del humanismo científico. Editoriales EAFIT y CES.
- [50] Bak P. et al. (1987). Self-organized criticality: An explanation of noise. Physical Review Letters 59, 381-384.
- [51] Prigogine I. (1981). From being to becoming: Time and Complexity in the physical sciences. Amazon Books.

# Innovación social en clave de discapacidad visual: Interfaz háptica para la orientación y la movilidad

Juan Manuel Aldana Porras<sup>1</sup>

Andrea del Pilar Arenas<sup>2</sup>

Gloria Esperanza Castellanos García<sup>3</sup>

John Fredy Montes Mora<sup>4</sup>

*Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia*

En este capítulo se presentan los resultados parciales obtenidos en el proyecto de investigación: *Implementación de un proceso de innovación social para el desarrollo de un sistema de percepción espacial mediado por técnicas de Inteligencia Artificial IA*, encaminado al fortalecimiento de la orientación y la movilidad de la población con discapacidad visual en Ibagué, Colombia. El propósito es caracterizar las representaciones mentales de la población invidente desde la teoría de la compensación sensorial, en torno a la identificación de las barreras del entorno, la orientación y la movilidad como base para el establecimiento de los requerimientos de la interfaz de usuario de un sistema de percepción espacial como parte del proceso de innovación social. Se emplea un enfoque de investigación mixta, siguiendo un diseño exploratorio secuencial *desplox* con modalidad derivativa. La muestra está compuesta por 10 participantes con discapacidad visual de la Asociación de Invidentes del Tolima, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Para el levantamiento de datos se emplearon la entrevista abierta semiestructurada y el grupo focal. Al ser un proyecto en desarrollo, se presentan los resultados correspondientes a las primeras tres fases de mismo. Dentro de los resultados se destaca el proceso de innovación social que da cuenta de características intrínsecas de la comunidad afectada, que pueden llegar a ser cruciales para el proceso de apropiación tecnológico exitoso. Por otra parte, dentro de las representaciones mentales y su formación se evidencia que un canal háptico es la mejor opción para complementar la información proveniente del medio ambiente.

---

<sup>1</sup> Ingeniero de sistemas, Especialista en Seguridad Informática, Magíster en Inteligencia Artificial. Contacto: [juan.aldana@unad.edu.co](mailto:juan.aldana@unad.edu.co)

<sup>2</sup> Psicóloga, Especialista en Gerencia de Servicios de Salud, Magíster en Intervención social en las sociedades del conocimiento. Contacto: [andrea.arenas@unad.edu.co](mailto:andrea.arenas@unad.edu.co)

<sup>3</sup> Psicóloga, Especialista en Gerencia de Recursos Humanos y Desarrollo Organizacional, Magíster en Educación y Desarrollo Humano. Contacto: [gloria.castellanos@unad.edu.co](mailto:gloria.castellanos@unad.edu.co)

<sup>4</sup> Ingeniero de sistemas, Especialista en Informática y Telemática, y Magíster en E-Learning. Contacto: [john.montes@unad.edu.co](mailto:john.montes@unad.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Pareciera incomprendible el hecho de cómo las personas con discapacidad visual conceptualizan y estructuran cognitivamente el ambiente complejo y cambiante del mundo real, toda vez que los sentidos juegan un papel fundamental en la configuración perceptiva del hombre tanto a nivel interno como externo, siendo la visión [desde una perspectiva normotípica uno de los más relevantes por la cantidad y calidad de información que proporciona al sujeto. Sin embargo, aunque posiblemente es más complejo para la persona ciega configurar e integrar las características de su entorno próximo, hoy se sabe que sus representaciones espaciales son funcionales tanto como las de una persona vidente.

Eso quiere decir que, pese a que existen aspectos distales que dan cuenta de la diferenciación individual entre ciegos y videntes, las representaciones mentales del espacio se constituyen en la base para su orientación y movilidad, lo que les posibilita desplazarse de cierta manera independiente, al tiempo que promueve su inclusión social [1], dado que el desarrollo de habilidades y técnicas de orientación y movilidad inciden en el ejercicio de su autonomía y en el establecimiento de acciones cotidianas como caminar por la calle, utilizar el transporte público, desplazarse al trabajo o a la casa etc.

En tal sentido, la orientación hace referencia a la capacidad que tiene la persona de reconocer su posición con respecto al entorno circundante; representa una constante actualización de la posición en el espacio a través de la configuración y reconfiguración de información sensorial [2], mientras que la movilidad incluye el desplazamiento de forma segura y eficiente de un punto de partida a un punto meta, lo que evidencia una interconexión entre ambos aspectos. Ello remite pensar que, para las personas con discapacidad visual, la percepción del espacio es preponderante en su desarrollo toda vez que deben adaptarse constantemente al contexto y a las barreras que este supone, dado que las calles, plazas y edificios no se adaptan a las necesidades de quienes no ven [3].

Lo anterior, supone un tema de interés investigativo y aplicado de carácter interdisciplinar toda vez que se ha buscado articular el estudio de la percepción de las personas con discapacidad visual y su integración contextual, para el desarrollo de herramientas de apoyo que se constituyan en alternativas emergentes desde lo que se conoce como tecnología asistiva. Y es que mientras que las personas que ven utilizan predominantemente información visual para ser, estar y trascender en el espacio, las personas ciegas se ven abocadas al uso de información táctil, sonora y de la locomoción, constituyéndose en una característica de codificación espacial háptica [4].

Aspectos sencillos como moverse en la ciudad con el apoyo de perros guía (en menor proporción) o bastones de apoyo (en mayor proporción), se constituyen en un desafío constante que solo se especializa y afina con la praxis rutinaria y que le permiten a la persona ciega ejecutar acciones en entornos conocidos, estableciendo así, trayectos específicos de frecuente tránsito, dejando de lado la oportunidad de desplazarse en entornos desconocidos, justamente por las complejidades que supone la orientación y movilidad [5], las cuales posibilitan el desarrollo físico, emocional, social y mental del ser humano [6].

Se busca desarrollar el prototipo de un sistema de percepción espacial mediado por técnicas de Inteligencia Artificial integrando un módulo de procesamiento y mapeo tridimensional del entorno con una interfaz de usuario constituida desde los requerimientos de los participantes, que facilite la orientación y movilidad de la población con discapacidad visual, y finalmente, realizar pruebas pre y post con la comunidad en ambientes controlados, identificando la usabilidad del sistema de percepción espacial en los procesos de orientación y movilidad y su incidencia en la autonomía personal de la población en situación de discapacidad visual.

Ahora bien, al ser un ejercicio de investigación en curso, en el presente texto se exponen los resultados que dan cuenta de los dos primeros objetivos descritos, mostrando inicialmente desde la postura de la comunidad participante su percepción frente al tema, privilegiando, por supuesto, el uso de los sentidos y las características individuales en torno a la orientación y la movilidad, así como los aspectos específicos en los que la información recolectada posibilita conocer los requerimientos para el diseño del sistema en mención desde los preceptos de la innovación social.

Todo ello se sustenta en el hecho de que la codificación espacial háptica, propia de las personas con discapacidad visual, se soporta en la incorporación de información a través de múltiples secuencias de movimientos y desplazamientos repetitivos de carácter exploratorio tanto del entorno como de las superficies en trayectos específicos, los cuales entre mejor se estructuren posibilitan el desarrollo autónomo del sujeto desde una perspectiva no individualista, sino por el contrario, desde la visión de una autonomía que habilita al sujeto para disponer de más relaciones y un medio que propicie el desenvolvimiento de los diferentes cuerpos existentes [7], lo que incidiría de manera positiva en los efectos objetivos de la ceguera, catalogados por Checa y colaboradores como las limitaciones en torno a la posibilidad de vivir experiencias, movilizarse, tener control ambiental y coadyuvar en el sostenimiento de las relaciones interpersonales [8].

Al respecto, autores como Soto, refieren que variables como la orientación y la movilidad denotan importancia frente a la valoración de la calidad de vida personal [9], máxime en personas con algún tipo de discapacidad visual, toda vez que implican la detección y evasión de barreras y obstáculos, cambios de elevación en los desplazamientos, desniveles y un número considerable de particularidades ambientales que se presentan en un trayecto y en un espacio delimitado y que requieren usualmente, una articulación precisa entre las habilidades perceptivas a nivel visual y su codificación a nivel cognitivo.

Entonces, los sujetos cuya visión se ve afectada empiezan a memorizar las rutas más habituales, estableciendo mapas mentales e incorporando puntos de referencia significativos, a través de la información que deviene de los demás sentidos [10]; a manera de ejemplo, el olor de una cafetería en una ubicación geográfica específica, el sonido constante de elementos del ambiente en sitios puntuales, un paso elevado en una calle conocida, entre otros.

Esos elementos, proporcionan guías claves para la movilidad segura, de tal forma que su algún punto referencial desaparece o es modificado, bien sea temporal o permanentemente, existe una alta probabilidad de que la persona con discapacidad visual se desoriente y requiera apoyo para volver a su trayecto habitual. En ese orden de ideas, se hace alusión a la hipótesis del efecto positivo de la codificación bimodal [11] a partir de la cual la integración y representación interna de la información exterior es más precisa cuando se recibe por diferentes canales tanto sensoriales como motores.

Así pues, se considera la idea de que es posible incluir mejoras en torno a la independencia de las personas ciegas a través de la información que deviene de los sentidos como el oído, el tacto y el olfato y que puede ser incrementada mediante el desarrollo de dispositivos como el sistema de percepción espacial mediado por técnicas de inteligencia artificial, como complemento al bastón y desde el desarrollo de procesos de innovación social.

Entonces, ¿por qué hablar de innovación social, desde el tema propuesto? Precisamente porque la innovación social como elemento preponderante para responder de manera oportuna y certera a las necesidades de una comunidad o grupo poblacional, es entendida como una oportunidad de intervención desde los actores sociales para responder a sus lecturas contextuales y necesidades sentidas transformando sus marcos de acción tradicionales y proponiendo nuevas formas de hacer desde orientaciones socio-espaciales integradoras [12].

Ahora bien, es importante mencionar que la innovación social es un concepto relativamente reciente y que ostenta una variada lista de definiciones, siendo la más precisa la propuesta por Wyman [13], quien la entiende como la aplicación de un enfoque innovador, práctico y sostenible, para beneficiar a la sociedad en general, con especial atención en los más vulnerables, por lo que el proceso investigativo en desarrollo pretende el establecimiento de las condiciones necesarias para relacionar la experiencia de las personas con discapacidad visual, con los avances ofrecidos por la inteligencia artificial, por lo que el interés de la indagación se ha centrado en el interrogante: *¿Cómo la generación de un proceso de innovación social para el desarrollo de un sistema de percepción espacial mediado por técnicas de inteligencia artificial (IA) contribuye al fortalecimiento de la orientación y la movilidad de la población con discapacidad visual en términos de la autonomía personal?*

## 2. MÉTODO

### 2.1 Enfoque metodológico

La investigación se desarrolla tomando como base los planteamientos y características de la investigación mixta, la cual enfatiza en la utilización de los enfoques cualitativo y cuantitativo, sin la tradicional separación de las descripciones de los datos numéricos. Así, los diseños de investigación desde la perspectiva mixta suelen tener distintas clasificaciones, según el énfasis que ponen en el proceso de mezcla de datos y análisis. Según cuál es la prioridad de un método dato sobre otro, si es igual o a la vez, si es cualitativo o si es cuantitativo. Y también según manejan e integran la información recogida durante los distintos pasos en el proceso [14].

En coherencia, se implementa un diseño exploratorio secuencial *desplox* con modalidad derivativa, toda vez que la recolección y el análisis de los datos cuantitativos se construyen sobre la base de los resultados cualitativos y la subsecuente combinación ocurre cuando se conecta el análisis cualitativo de los datos con la recolección de datos cuantitativos [15].

### 2.2 Participantes

Se cuenta con la participación de diez personas con discapacidad visual de la ciudad de Ibagué vinculadas a la Asociación de Invidentes del Tolima, quienes apoyan el proyecto de manera voluntaria, por lo cual su selección da cuenta de un muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual consiste en seleccionar un número de personas de la población objeto por el hecho de ser accesible. De esta manera, se tienen en cuenta criterios específicos de inclusión, buscando la homogeneidad de los participantes, los cuales hacen referencia a: ser una persona mayor de dieciocho años, ser sujeto en condición de discapacidad visual, tener capacidad de movilización, ser residente del municipio de Ibagué, expresar su voluntad de participar en el proceso investigativo, firmar el consentimiento informado y ser parte de la Asociación de Invidentes del Tolima.

### 2.3 Técnicas e instrumentos

De acuerdo con el diseño metodológico las técnicas e instrumentos de recolección de información son parte fundamental de las fases establecidas en el proyecto para el logro de los objetivos, puesto que el método representa el medio o camino a través del cual se establece la relación entre el investigador y el participante para la recolección de datos y el logro de los propósitos, siendo los instrumentos los mecanismos que utiliza el investigador para recolectar y registrar la información.

Así, entre los instrumentos de tipo cualitativo para el desarrollo del proceso se utilizan la entrevista abierta semiestructurada, el grupo focal y el mapa cartográfico y a nivel cuantitativo se dispone de una encuesta, una matriz de confusión y la curva ROC.

### 2.4 Procedimiento

El desarrollo del proyecto se fundamenta en las siguientes fases:

1. Fase 1. Acercamiento a la comunidad: Socialización del proyecto y los objetivos propuestos con el grupo de participantes, dando a conocer los alcances del proceso de investigación.
2. Fase 2. Planeación: diseño y validación de los instrumentos desde los aspectos disciplinares y operacionales, tomando como referencia los objetivos específicos propuestos.
3. Fase 3. Aplicación de instrumentos cualitativos: Aplicación de la entrevista con el grupo de participantes para obtener información relevante de acuerdo con los objetivos propuestos.
4. Fase 4. Desarrollo del prototipo: Una vez identificados los requerimientos funcionales de la interfaz de usuario de forma conjunta con la población invidente, se estructuran los diferentes módulos que

conformarán el prototipo, en coherencia con el modelo CRISP-ML teniendo como instrumentos de medición la matriz de confusión y la curva ROC.

5. Fase 5. Pruebas de campo: Uso del prototipo por parte de los participantes en ambientes controlados.
6. Fase 6. Aplicación de instrumentos cuantitativos: Posterior al diseño del sistema en mención se aplicará la encuesta con el propósito de determinar la incidencia de este en los procesos de orientación y movilidad de la población en situación de discapacidad visual.
7. Fase 7. Presentación de productos: Generación de productos de acuerdo con los lineamientos de Min Ciencias y en coherencia con los resultados esperados para el proyecto.

## 2.5 Consideraciones éticas

Teniendo en cuenta que el proyecto se realiza con seres humanos y que supone un nivel mínimo de riesgo para estos, se tienen en cuenta en todos los casos, y sin excepción alguna, los elementos y criterios referidos en la resolución 8430 de 1993, para el desarrollo de investigaciones y sus aspectos tanto técnicos, como administrativos y científicos.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como se abordó en anteriores apartados, el mapeo cognitivo [16] como parte del proceso de orientación y movilidad permite a las personas con discapacidad visual construir un modelo mental del espacio circundante y los objetos presentes en su entorno, estableciendo una relación entre su ubicación actual con las características existentes en el medio [17], en donde el proceso de movilidad se traduce como la capacidad de crear y mantener la conciencia de la posición dentro de un espacio físico en relación con los puntos de referencia en el entorno [18].

Ahora bien, incorporar estas representaciones mentales dentro del proceso de desarrollo tecnológico tiende a ser complejo, más aún, cuando no solo se tienen que revisar aspectos a nivel cognitivo y de la forma en que las personas invidentes perciben el mundo, sino entender que las soluciones que puedan generarse desde un punto de vista Ingenieril (la solución más eficiente a nivel técnico o teórico) no siempre va a estar alienada con las necesidades reales de la comunidad, lo que puede incidir negativamente en el proceso de apropiación tecnológica [19] y del uso real que pueda llegar a tener dentro de la población afectada.

En tal sentido, y como parte de un proceso de Innovación social, la comunidad es el eje central en el desarrollo de dicha solución tecnológica [20], que para este caso particular, deben considerarse varias cuestiones que se involucran directamente a la interfaz de usuario.

La primera parte de la forma en que se gestan estos proceso de movilidad en las personas invidentes, iniciando desde la propia compensación sensorial y de cómo pueden potenciarse las representaciones mentales del entorno [21]; la segunda se centra en la forma en que se debe transmitir la información final al usuario por parte del sistema, entendiendo que la interfaz de usuario debe proporcionar información sobre los elementos que se encuentran en el medio, y cuya interpretación de la realidad que rodea al usuario influye directamente en su seguridad y, en última instancia, en la adopción de este tipo de tecnología de asistencia.

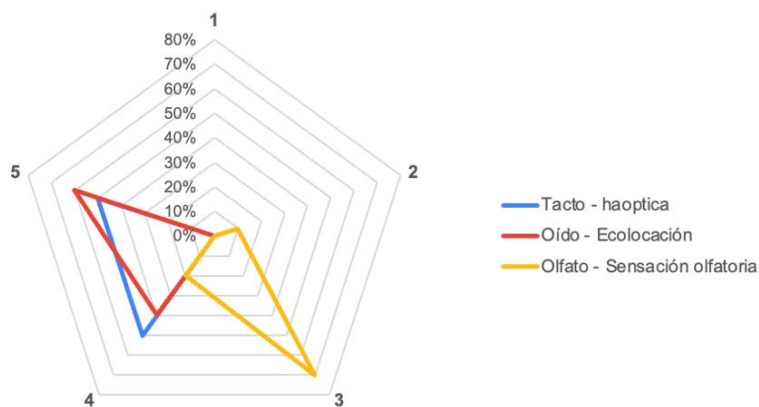
En congruencia y buscando evaluar la importancia que tiene cada uno de los sentidos en el proceso de compensación sensorial y en la creación de representaciones mentales, se establecen tres categorías [4] que se muestran en la Figura 1.

A partir de allí, se indaga a los participantes acerca de cuál de estas tres categorías consideran más importante dentro de sus procesos de orientación y movilidad partiendo de una escala de 1 a 5 (entrevista abierta semiestructurada), siendo 1 el valor más bajo y 5 el valor más alto. La figura 2 relaciona los resultados de esta encuesta.





**Figura 1.** Categorías compensación sensorial



**Figura 2.** Que tanta información proporciona cada sentido

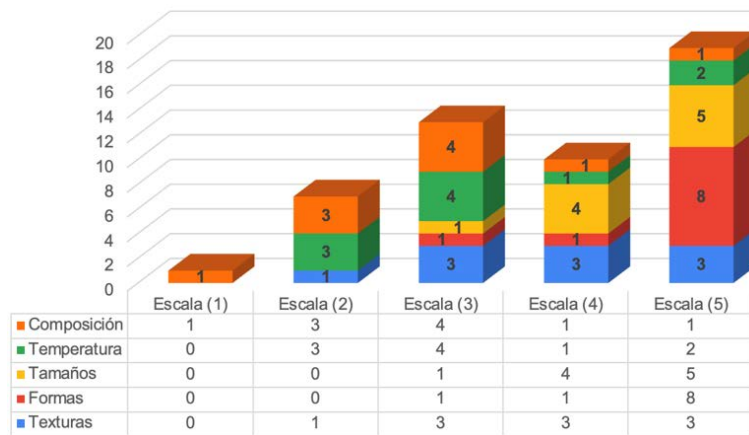
Los resultados muestran que, para el caso del Tacto, el 50% de los participantes asignó el valor 4 y el otro 50% asignó el valor 5, lo que indica que este sentido se percibe de gran importancia para su orientación. No hubo respuestas para los valores más bajos de la escala (1, 2 o 3), lo que sugiere que ninguno de los participantes consideró que estos sentidos fueran poco relevantes. En relación al Oído, el 40% de los participantes asignó el valor 4 y el 60% asignó el valor 5, lo que muestra la importancia del Oído y la Ecolocalización dentro de los procesos de orientación.

Al igual que con el Tacto, tampoco hubo respuestas para los valores más bajos (1, 2 o 3). Por último, el 70% de los participantes asignó el valor 3 y el 20% asignó el valor 4. El 10% de los participantes asignó el valor 2. No hubo respuestas para el valor más bajo (1) ni el valor más alto (5), lo que sugiere que algunos participantes consideran que el Olfato y la Sensación olfatoria tienen cierta importancia para su orientación, pero no son percibidos como elementos vitales al momento de realizar procesos de orientación y movilidad.

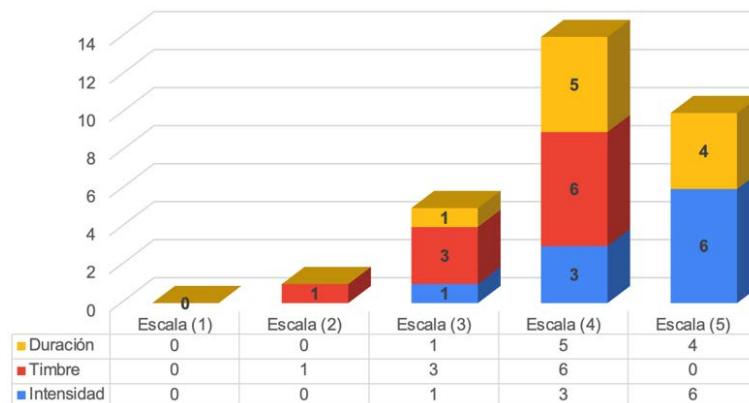
Adicionalmente, se le preguntó a los participantes acerca de cada una de las subcategorías presentes en los sentidos evaluados (Tacto – háptica, Oído – Ecolocalización y Olfato - Sensación olfatoria). A continuación, se muestran los resultados para cada una de estas.

En tal sentido, al evaluar las categorías propuestas a nivel de Tacto – Sensación háptica (Figura 3) los resultados indican que la percepción táctil de formas (8 de los participantes asignó el valor 5) es el aspecto más relevante para la mayoría de los encuestados, seguido de cerca por la percepción táctil de tamaños (el 5 de los participantes asignó el valor 5), seguido en menor medida por las texturas (3 asignó el valor 5), la temperatura (1 de los participantes asignó el valor 5) y la composición (1 asignó el valor 5). Ningún aspecto fue considerado como poco relevante en esta muestra, aunque la temperatura (4 de los participantes asignó el valor 3) y la composición (4 de los participantes asignó el valor 3) se ubicaron un punto medio de valoración.

En cuanto al oído – ecolocalización (Figura 4), los resultados indican que la intensidad (6 de los participantes asignó el valor 5) y el timbre (6 de los participantes asignó el valor 5) son los aspectos más relevantes para la mayoría de los participantes, seguidos de cerca por la duración (4 asignó el valor 5). Ningún aspecto fue considerado como poco relevante en esta muestra.

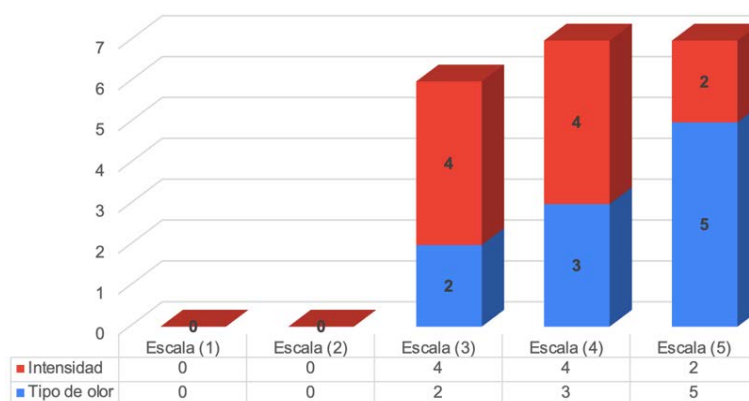


**Figura 3.** Qué tanta información proporciona cada sentido



**Figura 4.** Elementos el oído

Por último, la distribución de respuestas para la percepción de los olores (Figura5), indican que tanto el tipo de olor (5 de los participantes asignó el valor 5) como la intensidad del olor (4 de los participantes asignó el valor 4) son aspectos relevantes. Ningún aspecto fue considerado como poco relevante en esta muestra.



**Figura 5.** Qué tanta información proporciona cada sentido

Así pues, los resultados indican que el Tacto y el Oído son los sentidos más importantes para la orientación de las personas en esta muestra, con la Ecolocación siendo ligeramente más valorada que el Tacto, por otro lado, el Olfato también es percibido como relevante, pero en menor medida que el Tacto y el Oído. Es de anotar que no se reportaron respuestas para los valores más bajos en ninguna de las escalas, lo que sugiere que todos los sentidos evaluados son considerados como importantes en algún grado para la orientación de los participantes.

En este punto, se han logrado identificar el tipo de compensaciones sensoriales más utilizadas por el grupo poblacional estudiado, pero es necesario delimitar como pueden integrarse dentro de la interfaz de usuario, en aras de que el dispositivo propuesto pueda generar un valor agregado real dentro del proceso de movilidad y la creación de mapas mentales.

Para ello se realizó el grupo focal con todos los participantes a partir de las siguientes preguntas orientadoras: ¿cómo adquirió las técnicas de orientación y movilidad? ¿Cómo se orienta en la calle y cuál es su prevalencia sensorial para ubicarse (sonido, olor, etc.)? ¿Qué aspectos tiene en cuenta para determinar puntos de referencia en sus trayectos frecuentes? ¿Qué papel juega la anticipación perceptiva para eludir obstáculos en su proceso de movilidad? ¿Cómo relacionan aprendizajes previos para nuevos mapas mentales de trayectos no conocidos? ¿Qué se hace cuando un punto de referencia se modifica o desaparece? ¿Cómo las ayudas tecnológicas, contribuyen a su proceso de orientación y movilidad? Así pues, se destacan varias de las conclusiones a las que se llegaron luego del desarrollo del grupo focal.

El bastón es parte de la cultura y la identidad de los participantes, por eso muchos de ellos se muestran renuentes a utilizar un sistema que pueda sustituir por completo el uso de este. De allí, que un complemento para el uso del bastón que permita mitigar las falencias propias de este, como por ejemplo los puntos ciegos o nulos (elementos que están por encima del rango de acción del bastón) o elementos que son difíciles de detectar como los postes y los templetes. Adicionalmente, la cuestión de movilidad en las calles de cualquier ciudad en el país se torna compleja en la medida de que los medios son cambiantes, y sin importar que se tenga un mapa mental claro en relación a un trayecto conocido, persisten elementos emergentes que dificultan el transitar, por ejemplo, cuando parquean vehículos (motos, carros, bicicletas) sobre el andén, la publicidad que pueda colocar algún local comercial sobre la acera, invasión del espacio público entre otros, que modifican drásticamente las condiciones de movilidad y obligan a tomar rutas alternas.

En cuanto a los medios de compensación sensorial y creación de mapas mentales, si bien el olfato es un buen punto de referencia en determinadas situaciones, como por ejemplo el olor de una panadería, un restaurante o incluso el perfume de una persona, que pueden ser claves para identificar lugares y rutas establecidas, se considera por parte de los participantes como un elemento auxiliar que se acopla a la creación de mapas cognitivos de sitios conocidos, y que al momento de abordar nuevos espacios (sitios desconocidos) necesitan de un contexto puntual para poder llegarlo a integrar como un punto claro de referencia y que por lo general toma más tiempo.

Por otro lado, los participantes aluden que, si bien las descripciones auditivas pueden parecer una solución plausible para tomar la información de medio y expresarla mediante una interfaz de usuario, se destaca la necesidad de mantener el canal auditivo libre, esto partiendo de que la mayoría de los participantes soportan el uso del bastón y la circulación por medios conocidos y desconocidos a partir de los sonidos presentes en su entorno, es decir, el canal auditivo es la pauta para situaciones claves como los cruces peatonales, la detección de vehículos en movimiento y la interacción con las demás personas. Igualmente, los participantes aluden que, en su proceso de orientación, el audio es quien da un punto de partida para establecer rutas y orientarse en momentos donde pierden referencias o se encuentran en lugares desconocidos, por ejemplo, el sonido de una autopista, las campanas de una iglesia o el ruido de un colegio, son elementos que generalmente brindan un punto de partida para estas situaciones.

Ahora bien, el tacto, como medio de compensación sensorial y complemento a la función del bastón se perfila como una opción muy favorable por parte de la comunidad, que encuentra en este una forma no invasiva de obtener datos adicionales del entorno sin tener que disminuir su capacidad auditiva, igualmente puntualizan en que la información proporcionada por un medio táctil facilita la gestación de mapas mentales más claros y precisos de su entorno. Por otro lado, los participantes resaltan el tipo de información que se necesita registrar del entorno, concluyendo que más allá de crear un sistema que simplemente detecte obstáculos y los trasmita al usuario, es necesario contar con un medio adicional que facilite crear y complementar el mapa cognitivo, que actualmente solo se genera a partir de la acción propia del bastón y de la información proveniente del canal auditivo.

A la luz de los resultados, se perfila el uso de una interfaz háptica como medio de transmisión de datos, teniendo en cuenta que la naturaleza táctil de la información también permite minimizar la carga cognitiva, facilitando a la persona ciega centrarse en su movimiento y en su entorno sin verse abrumado por la información sensorial [22]. Adicionalmente, el usar un medio háptico como un complemento puede llegar

a mejorar las representaciones cognitivas del sujeto con discapacidad visual, teniendo en cuenta que las capacidades limitadas de navegación en dicha población, no se deben a incapacidades en el procesamiento y toma de decisiones, sino a falta de información espacial [23].

De allí que la literatura refuerza el concepto de que las personas con ceguera son capaces de construir mapas cognitivos detallados a partir de información espacial multimodal (varios sentidos) lo suficientemente completos [24]. En consecuencia, se llega a un consenso en relación a que medio háptico y que lugar del cuerpo es el adecuado para recibir esta información, lo que llevo al planteamiento de una manilla ubicada en la mano contraria de la cual se hace uso del bastón que conste de un conjunto de motores haticos, que permitan vibrar de determinada forma partiendo de lo que se quiera transmitir del entorno.

En tal sentido, el sistema propuesto debe estar en capacidad de convertir directamente la información tomada del medio, la cual está representada en un mapa de disparidad, y convertirla en un conjunto de pulsaciones que varían de intensidad y ubicación dentro de los motores de vibración dispuestos en la manilla, para ello el sistema esta mediado por una red neuronal que es la encargada de interpretar esta información, buscando emular de forma háptica la representación tridimensional de todo el espectro circundante de la persona invidente, dándole una referencia constante de que tiene a su alrededor y no solo informándole acerca de obstáculos esporádicos que puedan aparecer durante su recorrido (Figura 6).

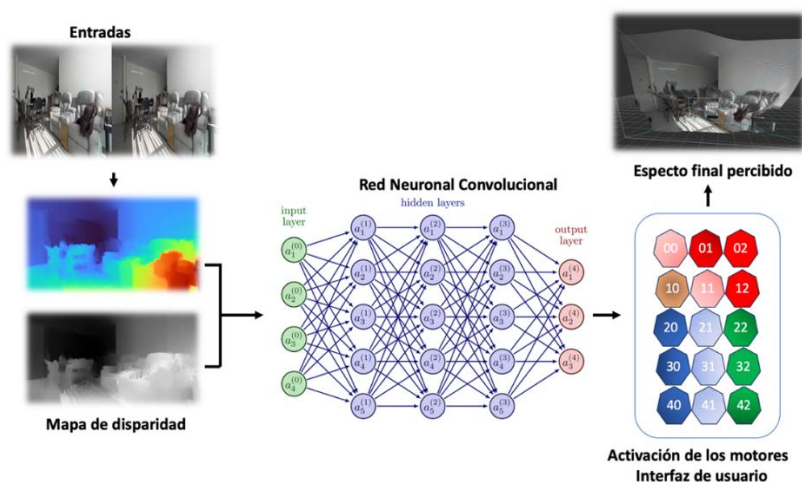


Figura 6. Esquema de funcionamiento de la interfaz propuesta

En síntesis, este trabajo aborda las tres primeras fases del proyecto, delimitando una serie de necesidades derivadas directamente de la comunidad en situación de discapacidad visual, centrando el eje de acción en mejorar los procesos de movilidad y orientación a partir del uso de un dispositivo que pueda aportar significativamente a la creación de estos mapas cognitivos, entendiendo que las particularidades del contexto latinoamericano son muy diferentes a las del resto del mundo, y que es necesario ajustar medios y dispositivos tecnológicos a problemas derivados de cuestiones sociales complejas y cambiantes.

#### 4. CONCLUSIONES

El desarrollo de tecnologías asistivas siempre supone un reto a nivel ingenieril, no solo por las cuestiones técnicas que puedan estar implícitas en el desarrollo, sino por el contexto social en que está inmerso.

De allí, que gestar un proceso de Innovación social buscando empoderar a la comunidad afectada alrededor de un problema, exija la delimitación de una serie de requerimientos que en muchos casos pueden estar fuera de las consideraciones de la parte Ingenieril y que se ubican como elementos propios asociados a la parte cognitiva, social y cultural que demarcan fuertemente lo que puede llegar a ser una apropiación tecnológica exitosa.

La orientación y movilidad en la persona con discapacidad visual se constituye en un reto permanente, por las barreras y obstáculos que debe salvar a diario la persona aun en sus entornos conocidos, pese a que su

forma de percepción y codificación de la información privilegia el uso e integración de los demás sentidos como el olfato el tacto y el oído, lo que es congruente con resultados de estudios en el tema que muestran que la percepción multimodal posibilita la construcción y fijación de mapas cognitivos más completos.

Por otra parte, el proceso de orientación y movilidad de las personas en situación de discapacidad visual se ve mediado por la creación y utilización de mapas cognitivos que logran generar representaciones del entorno.

A pesar de esto, dichas representaciones tienen un gran limitante, relacionada con la cantidad de información que puede percibirse por una persona invidente, la cual se basa principalmente en los datos provenientes del bastón y de su canal auditivo, por ello, con el sistema propuesto se busca brindar un medio para complementar dicha información, extendiendo el rango de percepción de las personas invidentes, buscando contribuir de forma concreta a la creación y representación de estos mapas cognitivos.

## REFERENCIAS

- [1] Santos C. (2023). MC18–Conferencia Internacional de Movilidad: Información que promueve movilidad y habilidad. *Revista especializada en discapacidad visual* (81), 155-162.
- [2] García A. y López R. (2020). Sistema auxiliar para la orientación y movilidad de personas con discapacidad visual. Recuperado: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/27829>
- [3] Zabalbeascoa A. (2013). La ciudad como una carrera de obstáculos. Recuperado: [https://elpais.com/sociedad/2013/03/31/actualidad/1364752570\\_420126.html](https://elpais.com/sociedad/2013/03/31/actualidad/1364752570_420126.html)
- [4] Otero H. (2021). Model VERA: Visual encouragement ready for all. Creación de tecnologías para la orientación y movilidad con y para personas con discapacidad visual. Recuperado: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4143>
- [5] Sotta P. y Pérez M. (2006). Sistema de orientación espacial para ciegos, basado en triconografía. Universidad de Chile.
- [6] García J. y Gómez L. (2019). Compensación sensorial y desarrollo de mapas mentales para la orientación y movilidad autónoma de niños ciegos. *Sinéctica* (53).
- [7] Venturiello M. (2013). Los cuerpos con discapacidad en los diferentes ámbitos sociales: Espacios físicos e interacciones sociales. En VII Jornadas de Jóvenes Investigadores. Instituto de Investigaciones Gino Germani.
- [8] Checa J. et al. (2003). Psicología y ceguera. Manual para la intervención psicológica en el ajuste a la discapacidad visual. Organización nacional de Ciegos Españoles ONCE.
- [9] Soto E. (2022). Estudios de orientación y movilidad: Aproximación del empleo de la memoria espacial para la creación de mapas mentales en un entorno real vs. un entorno virtual. Recuperado: <http://dspace.umh.es/handle/11000/28326>
- [10] González S. et al. (2019). Influencia de la formación en fisioterapia en el desarrollo de competencias de rotación mental, representación espacial, orientación y movilidad en personas videntes y con ceguera. *Revista digital sobre discapacidad visual*.
- [11] Möhring W. y Frick A. (2013). Touching up mental rotation: Effects of manual experience on 6-month-old infants' mental object rotation. *Child Development* 84(5), 1554-1565.
- [12] Lévesque B. (2012). Social innovation and governance in public management systems: ¿Limits of NPM and search for alternatives? Recuperado: [https://crises.uqam.ca/upload/files/publications/etudes-theoriques/ET1116\\_GS.pdf](https://crises.uqam.ca/upload/files/publications/etudes-theoriques/ET1116_GS.pdf)
- [13] Wyman O. (2016). Social Innovation: A guide to achieving corporate and societal value. World economic forum y schwab foundation for social entrepreneurship. ColognoGeneva.
- [14] Avi B. (2022). Los procesos de investigación en tecnología desde una la perspectiva mixta. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 80-92.
- [15] Hernández R. et al. (2010). Metodología de la investigación. Editorial McGraw-Hill.
- [16] Bleau M. et al. (2023). Cognitive map formation in the blind is enhanced by three-dimensional tactile information. *Scientific Reports* 13(1), 9736.
- [17] Fernandes H. et al. (2019). A review of assistive spatial orientation and navigation technologies for the visually impaired. *Universal Access in the Information Society* 18, 155-168.
- [18] Giudice N. et al. (2020). Cognitive mapping without vision: Comparing wayfinding performance after learning from digital touchscreen-based multimodal maps vs. embossed tactile overlays. *Frontiers in human neuroscience* 14, 87.
- [19] Arenas A. et al. (2020). Ciudad física y ciudad representada: discapacidad, justicia espacial e innovación social/Physical and represented city: Disability, spatial justice and social innovation. *Utopía y Praxis Latinoamericana* 25(SI11), 175-195.
- [20] Chang I. et al. (2022). Technology-based social innovation: Smart city inclusive system for hearing impairment and visual disability citizens. *Sensors* 22(3), 848.
- [21] Guerreiro J. et al. (2020). Virtual navigation for blind people: Transferring route knowledge to the real-World. *International Journal of Human-Computer Studies* 135, 102369.
- [22] Ottink L. et al. (2022). Cognitive map formation supported by auditory, haptic, and multimodal information in persons with blindness. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 104797.
- [23] Schinazi V. et al. (2016). Spatial navigation by congenitally blind individuals. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science* 7(1), 37-58.
- [24] Brayda L. et al. (2019). A refreshable tactile display effectively supports cognitive mapping followed by orientation and mobility tasks: A comparative multi-modal study involving blind and low-vision participants. En 2nd Workshop on Multimedia for Accessible Human Computer Interfaces.

# Análisis de accesibilidad geográfica a centros de atención médica mediante el uso del modelo E2SFCA. Caso de estudio: Armenia, Colombia

Jhonatan E. Barrios<sup>1</sup>

Diego A. Escobar<sup>1</sup><sup>2</sup>

Carlos A. Moncada<sup>2</sup><sup>3</sup>

*Universidad Nacional de Colombia, Colombia*

La presente investigación plantea como objetivo evaluar la oferta de personal médico respecto a la posición geoespacial de servicios de atención en la ciudad de Armenia, Colombia, considerando las características operativas y geométricas de la red de transporte privado, traducido en el nivel de accesibilidad disponible en un tiempo inferior a 15 minutos. Como método de investigación se plantea el uso del Enhanced Two-step Floating Catchment Área E2SFCA, complementado con análisis socio-económicos y socio-demográficos, que garantizan una valoración general de condición de atención para los diferentes grupos sociales de la ciudad. Como principal resultado se obtuvo que el nivel de cobertura médica para los estratos socio-económicos 1, 2 y 3 se encuentra en la media establecida por el Banco Mundial. De esta manera se puede concluir que, con el fin de mejorar el nivel de cobertura de los ciudadanos y mejorar los ítems de calificación establecidos a nivel mundial, se hace necesario realizar la intervención en materias de movilidad e implementación de equipamientos.

---

<sup>1</sup> Magíster en Infraestructura y Sistemas de Transporte. Contacto: [jebarriosr@unal.edu.co](mailto:jebarriosr@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Doctor en Gestión de Territorio e infraestructuras del transporte. Contacto: [daescobarga@unal.edu.co](mailto:daescobarga@unal.edu.co)

<sup>3</sup> Doctor en Ingeniería. Contacto: [camoncadaa@unal.edu.co](mailto:camoncadaa@unal.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La provisión de servicios de salud se fundamenta en la disponibilidad de personal médico, instalaciones de atención y camas disponibles [1], así como en el nivel de complejidad de los servicios en cada centro de atención, determinado por las capacidades y recursos disponibles en cada ciudad. Esta cobertura se rige por un diseño operativo que tiene en cuenta el crecimiento de la población, el desarrollo social y los recursos proporcionados por entidades públicas y privadas que operan en el sector. Como resultado, se logra un nivel de cobertura que se ajusta a las necesidades de la población.

Sin embargo, a pesar de estos planes operativos, existen eventos inusuales que generan una demanda excesiva de servicios de salud, los cuales deben ser enfrentados y abordados por la infraestructura existente en momentos de crisis. Un claro ejemplo de esto es el colapso de los servicios de salud debido a la pandemia del Covid-19. Durante esta situación, se alcanzó el límite de la capacidad disponible en las unidades de cuidados intensivos UCI en Colombia, lo que requirió la toma de decisiones gubernamentales para mitigar la propagación del virus. Estas medidas incluyeron el aislamiento preventivo de la población y la implementación de otras medidas de control necesarias [2].

Esta situación tuvo un impacto significativo en la evaluación de la disponibilidad de servicios de salud a nivel mundial, lo que justifica la realización de la presente investigación. El objetivo de este estudio es diagnosticar la accesibilidad a los servicios de atención médica en relación con el personal médico disponible en el área de influencia de la población. Además, se compararán los indicadores publicados por la OECD y el Banco Mundial sobre el número de médicos por cada 1000 habitantes en diferentes ciudades del mundo [3].

En Colombia se generaron alarmas a nivel nacional debido al desbordamiento de la atención médica en el país, con altos niveles de contagio en el sistema de salud pública. Ante esta situación, el Ministerio de Salud adoptó medidas para informar de manera continua sobre las cifras de afectados a través de su página web dedicada al seguimiento del coronavirus en el país [4], permitiendo obtener información sobre el comportamiento y el estado de la pandemia, lo cual ha sido de gran utilidad para los servicios de atención pública, lo cual busca maximizar la cobertura de atención médica, reducir la necesidad de desplazamiento de los pacientes, limitar el número de instalaciones involucradas y promover la igualdad en términos de acceso a la salud [5]. Una de las estrategias utilizadas para optimizar y maximizar la cobertura de los servicios de salud es el uso de análisis geo-estadísticos, como el análisis de accesibilidad; cuyo enfoque considera el potencial de oportunidades para la interacción en términos de acceso a los servicios de salud [6], y en nuestro caso se centraría en la interacción e los usuarios del sistema de salud de la ciudad de Armenia.

En particular, las medidas de accesibilidad brindan perspectivas alternativas sobre la condición de diversos sistemas, generando estimaciones desde el punto de vista de la oferta del servicio en lugar de la condición operativa o económica del mismo. Por lo tanto, la aplicación de la metodología de accesibilidad espacial tiene como objetivo evaluar el potencial acceso a los servicios de salud, proporcionando dos componentes importantes: la capacidad de atención en relación con la demanda potencial y la proximidad de los servicios ofrecidos en relación con la ubicación de la demanda potencial [7]. Es importante destacar que el concepto de accesibilidad como una estructura y guía de planificación en el transporte es una extensión directa e importante del consenso general, ya que la demanda de transporte se deriva de las necesidades y requerimientos de la población para llegar a sus destinos respectivos [8].

A pesar de considerarse la accesibilidad en nuestro caso particular de estudio, como medida de acceso a servicios, se han encontrado diversos modos y métodos de cálculo que evidencian su amplio uso, dentro de estos tenemos: análisis demográfico [9], desarrollo económico [10], operatividad de modos de transporte [11, 12], comercio [13, 14], educación [15] y seguridad [16], entre otros. Considerando la importancia y amplitud en el uso de la metodología, en nuestro caso de estudio, se busca garantizar la accesibilidad basada en el transporte para las instalaciones esenciales como los centros médicos de una ciudad, donde brindan servicios importantes a personas de diversos niveles socioeconómicos [17], además de la valoración de algunas características como el modo de transporte, uso del suelo, patrones de desplazamiento, objetividad y práctica de viajes de determinadas comunidades [18].



Considerando lo expuesto anteriormente, se ha determinado que el procedimiento de evaluación de accesibilidad más apropiado para la investigación, el cual consiste en la aplicación del método de área de captación flotante de dos pasos, conocido como Enhanced Two-step Floating Catchment Area E2SFCA [19]. Este método permite identificar y excluir áreas o poblaciones periféricas o distantes de la ciudad, con el objetivo de determinar zonas que presenten condiciones similares de acceso a los servicios de salud. El E2SFCA es ampliamente utilizado para medir la accesibilidad espacial y ha sido adoptado para evaluar la accesibilidad de atención primaria y hospitales en función de su ubicación [20].

En particular, se han identificado y evaluado varias investigaciones realizadas en Colombia que utilizaron el método E2SFCA para analizar la accesibilidad en el sector de la salud. Estas investigaciones son de gran importancia para el desarrollo de la presente investigación, especialmente en lo que respecta a la atención hospitalaria en las UCI. Por ejemplo, se realizó una evaluación del acceso a servicios en la ciudad de Manizales, teniendo en cuenta los tiempos de viaje [1], así como la accesibilidad de los puestos de vacunación antirrábica con un importante análisis método del Bogotá [21], además de la investigación similar de Infante para la ciudad de Bogotá [22]. Estos estudios proporcionan información valiosa sobre la accesibilidad a los servicios de salud y contribuyen significativamente a nuestra comprensión de la situación en la que se encuentra la atención hospitalaria en el país.

El área de estudio de esta investigación se centra en el municipio de Armenia, el cual se encuentra ubicado en el centro-occidente del país, en el flanco izquierdo de la cordillera Central. Sus coordenadas varían entre 04° 04' 41" y 04° 43' 18" de latitud norte, y entre 75° 23' 41" y 75° 53' 56" de longitud oeste [23]. Este municipio presenta características importantes, como una altitud promedio de 1551 metros sobre el nivel del mar, una extensión de 121 km<sup>2</sup> y una población de 295.208 habitantes. Estos elementos geográficos y demográficos son relevantes para el estudio, ya que influyen en la accesibilidad a los servicios de salud en la zona [24]. En la Figura 1 se presenta el área de estudio seleccionada.

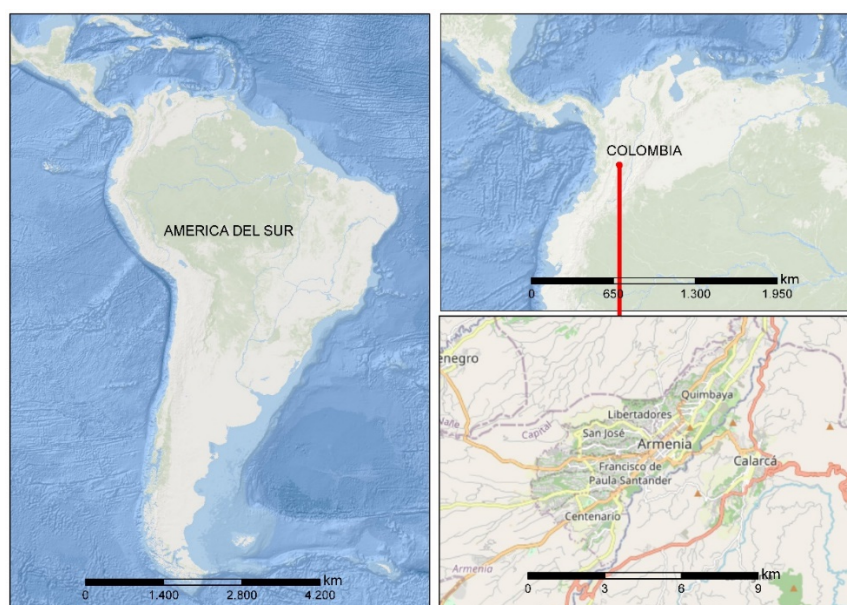


Figura 1. Localización del municipio de Armenia

## 2. MÉTODO

La estructura metodológica empleada en la investigación se encuentra compuesta por un total de 3 fases consecutivas, partiendo de la recolección, análisis y validación de la información, continuando con la formulación de escenarios y finalizando con la estructuración del método E2SFCA.

### 2.1 Fase 1 – Actualización y validación de información

La información base de la presente investigación, se conforma por la red vial del municipio de Armenia en *shapefile* debidamente geo-referenciada, con sus respectivas velocidades para vehículo privado, además de

atributos de nodos y arcos con las características en cada tramo de operación como la longitud, pendiente, y direccionalidad. Igualmente, se aplicó los pasos del método E2SFCA para obtener los puntajes de accesibilidad a nivel de manzanas para identificar las áreas con alto y bajo nivel de accesibilidad a los recursos de atención médica de los hospitales [25].

Se procedió a utilizar la información publicada en el Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud [26], donde se encontró los niveles de servicios de los nodos de prestación de servicios de salud y el número de médicos por hospital; también fue necesario buscar información en las fuentes informativas de la Secretaría de Planeación del departamento del Quindío donde se adquirió los *shapefile* de localización (longitud, latitud) de los servicios de atención médica. Con respecto a la información de la población del municipio de Armenia se obtuvo por parte de la información publicada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística [24], de forma georreferenciada en polígonos por manzana con su respectivo código.

## 2.2 Fase 2- Escenario de análisis geoespacial

En esta fase fue necesario realizar los cálculos de accesibilidad integral para cada servicio de atención médica, considerando la facilidad de llegar a los destinos deseados dado un número de oportunidades disponibles a los recursos utilizado para realizar un desplazamiento desde un lugar de origen en el sector hasta el destino urbano de la ciudad [27]. Con la información mencionada en la fase 1, se procede a realizar los respectivos cálculos estadísticos con la modelación de un conjunto de datos de red, y proceder con el cálculo de la accesibilidad integral, es decir, se modela las curvas isócronas de accesibilidad integral con periodos de 5 minutos en cada hospital del municipio teniendo en cuenta las condiciones de la red vial de vehículo privado. Los cálculos y modelación realizados en el presente documento fueron realizados con el software ArcGIS® y la ayuda de las herramientas internas de Spatial Analyst® y Geostatistical Analyst® del aplicativo ArcMap® de ESRI.

Posteriormente se procede a realizar una superposición de las curvas isócronas de cada servicio de atención medica con el número de población donde se determina los habitantes que se desplaza dentro de periodos de 5, 10 y 15 minutos; Lo anterior, se realiza con el fin de indicar la cobertura de población para dichos periodos de tiempo.

## 2.3 Fase 3 - Cálculo de E2SFCA

El método de área de captación flotante de dos pasos E2SFCA se presenta en el paso No. 1 y para el número de médicos generales de cada servicio de atención medica bajo la hipótesis mencionada se aplica la ecuación (1), con los datos obtenidos de la población en los periodos de tiempo de 5, 10 y 15 minutos.

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \in D_1\}} P_k W_1 + \sum_{k \in \{d_{kj} \in D_2\}} P_k W_2 + \sum_{k \in \{d_{kj} \in D_3\}} P_k W_3} \quad (1)$$

Donde:

Rj: Relación oferta demanda de cada hospital

Sj: número de camas o médicos de hospital

Pk: Población que se encuentra dentro de cada una de las tres sub-zonas de tiempo de viaje (D1, D2, D3)

dkj: Tiempo de viaje entre k y j

Con los cálculos obtenidos en el paso No.1 se procede a obtener la matriz origen y destino con los tiempos de viaje desde cada manzana hasta cada hospital, siendo el insumo para el segundo paso del método E2SFCA, y así determina los tiempos de viaje menores a 15 minutos para aplicarle el factor del Rij de camas o de médicos de su respectivo hospital, esto fue determinado dentro de un rango para que fuera accesible para las emergencias en los hospitales y los que estén fuera de dicho rango seria como inaccesibles, independientemente de cualquier diferencia de tiempo [19].

Para aplicar el método E2SFCA se debe dividir cada área de captación en sub-zonas, dependiendo del tiempo de viaje hacia el centro de atención médica y calcular los pesos Wr para cada sub-zona utilizando la ecuación

gaussiana, a partir de las tres formas comunes de  $f(d)$ ; la función gaussiana se considera la más apropiada para simular el efecto de disminución de la distancia [28, 29], presentado en las ecuaciones 2 y 3 (Fórmula de cálculo de pesos).

$$W_r = f(d_{ij}) = \exp\left(-\frac{d_{ij}^2}{\beta}\right) \quad (2)$$

$$A_i^F = \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_r\}} R_j W_r = \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_1\}} R_j W_1 + \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_2\}} R_j W_2 + \sum_{j \in \{d_{ij} \in D_3\}} R_j W_3 \quad (3)$$

Donde  $WA_i^F$ : accesibilidad para la población en la ubicación  $i$ .

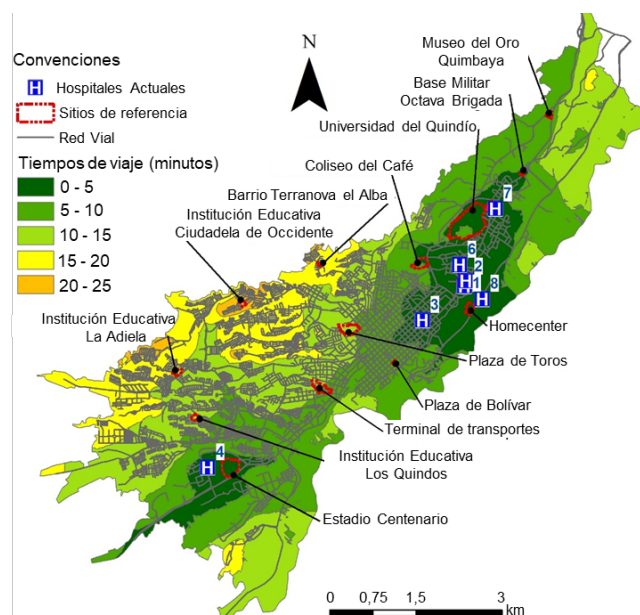
Con el método E2SFCA se analiza el número de médicos para cada 1000 habitantes relacionando la accesibilidad que se obtuvo de la Ecuación 2; posteriormente se procede a calcular el promedio entre todos los factores de estas variables en todas las manzanas; todo con el fin de analizar la accesibilidad en el municipio en un escenario actual y proponiendo un escenario futuro que se presenta en el documento. Con respecto a los indicadores presentados en [3], donde presenta la cobertura y servicios para los diferentes países con los indicadores de disponibilidad de recursos humanos de Latinoamérica entre ellos Colombia con 2,2 médicos por cada 1000 habitantes y que se tomó como referencia en la investigación para determinar el estado de disponibilidad de infraestructura médica. También es importante mencionar que [3] hacen referencia a los indicadores de médicos para países de latino América (Tabla 1), con similares valores donde se resaltan los siguientes.

**Tabla 1.** Actores participantes en la investigación

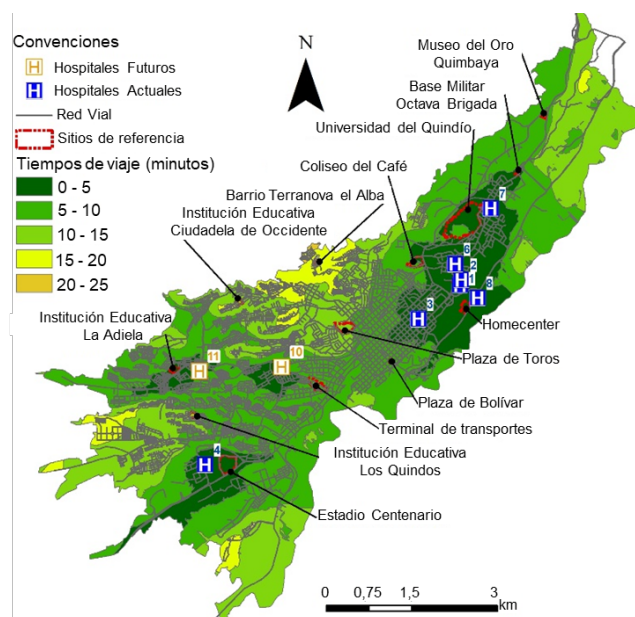
País	Médicos (Por cada 1.000 habitantes)
33 países de Latinoamérica y el Caribe LAC	2,0
Chile	2,5
Bahamas	2,0
Barbados	2,5
México	2,4
Venezuela	1,9
Brasil	1,8

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como resultado del análisis investigativo, de la valoración de los servicios de atención médica de la ciudad de Armenia, se estructuran las Figuras 2 y 3, en las cuales se aprecia la variación del tiempo de viaje a intervalos de 5 minutos en el escenario actual y futuro.



**Figura 2.** Curvas isócronas para servicio de atención médica escenario actual de Armenia



**Figura 3.** Curvas isócronas para servicio de atención médica en el escenario futuro de Armenia

En la Figura 2 se presenta la valoración obtenida para la condición actual, del tiempo de viaje hacia los hospitales de la ciudad de armenia, esta valoración a intervalos de 5 minutos muestra que, el máximo de tiempo requerido para el desplazamiento se encuentra sobre los 25 minutos para los 7 centros de atención médica. Por otra parte, bajo la hipótesis que desplazarse desde cada barrio a cada nodo de prestación de servicios de salud fue necesario determinar la población que se encuentra dentro los rangos de tiempo y se calculó la relación de puntos de atención médica a la población  $R_j$ , de oferta de médicos.

A partir de esta evaluación, se identifican zonas con carencias de accesibilidad, lo cual traduce en la formulación de nuevos puntos de atención, dando como resultado la valoración del escenario futuro en la Figura 3, donde se presenta el impacto generado con la inclusión de dos nuevos nodos de salud y sus beneficios de mayor cobertura se presenta en las isócronas de 0 - 5 minutos y de 5 - 10 minutos y disminuye en las isócronas de 10 minutos en adelante como se puede observar en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Comparación de áreas de cobertura y población en función de las isócronas de tiempos de viaje

Tiempo de viaje (min)	Escenario Actual				Escenario Futuro				
	Área isócrona (Ha)	Cobertura isócrona (%)	Población	Cobertura Población (%)	Área isócrona (Ha)	Cobertura isócrona (%)	Área isócrona (Ha)	Población	Cobertura Población (%)
0-5	508,46	1542	42.799	15,95	593,00	17,98	60.266	22,45	
5-10	1136,86	34,47	78.870	29,39	1525,90	46,26	126.188	47,02	
10-15	1123,63	34,07	86.616	32,27	1020,14	30,93	67.049	24,98	
>15	529,35	16,05	60.102	22,39	159,45	4,83	14.884	5,55	
Total	3298,3		268.387		3298,49		268.387		

Partiendo de lo mencionado sobre los indicadores presentados en [3], donde los parámetros obtenidos en el escenario actual eran bastante bajos en los médicos como se encuentra en la Tabla 3 y se estructuró una alternativa que determine un escenario futuro en el municipio para cumplir el indicador establecido para Colombia o en los indicadores de los países de Latinoamérica presentados en la Tabla 1, donde se busca mejorar la cobertura de los habitantes en el municipio; que para la situación futura con una alternativa que presenta las mismas condiciones en los hospitales actuales y proponiendo implementar dos nuevos servicios de atención médica en un nivel de servicio de media y alta complejidad con unos parámetros que no son altos y es para atender emergencias y temas hospitalarios similares a la Clínica Central del Quindío SAS, estos resultados se encuentran en la Tabla 4.

Posteriormente, se obtuvo los parámetros para médicos en los servicios de salud de Armenia por el método E2SFCA considerando la importancia de la accesibilidad a los centros médicos; generando los parámetros de R<sub>ij</sub> como el paso 1 del método para un escenario actual de siete hospitales con 710 camas y donde tiene una capacidad de 170 médicos como se presenta en la Tabla 2, planteando un escenario futuro con 573 médicos

como se muestra en la Tabla 3. Lo anterior aplica los resultados obtenidos en la ecuación (1) del método, que tiene relación con la oferta demanda de cada hospital  $R_j$  y el valor  $S_j$  con la información de total de médicos generales de las Tabla 2 y Tabla 3; en estas tablas también presentan el valor de la población total por tiempo de viaje de la variable  $P_k$ , para los rangos de tiempos  $D_j$  en esta investigación se trabajó con valores de 5, 10 y 15 minutos considerando tiempos de desplazamiento para atención de alguna emergencia médica.

**Tabla 3.** Resultado del Paso 1 del E2SFCA  $R_j$  de los servicios de atención médica en escenario actual de hospitales de Armenia

ID	Servicio de atención médica	0 - 5 min	5 - 10 min	10 - 15 min	$R_j$ (médicos cada 1000 habitantes)
<i>Escenario actual-baja complejidad</i>					
4	Red Salud Armenia Unidad Intermedia del Sur	9.469,00	36.550,00	71.428,00	0,32
6	Sociedad Cardiovascular del Eje Cafetero S.A.	11.697,00	43.912,00	40.498,00	0,27
<i>Escenario actual - media y alta complejidad</i>					
1	Clínica del Café Dumian Medical	6.591,00	42.029,00	44.856,00	1,79
2	Clínica Central Del Quindío SAS	3.637,00	40.623,00	44.121,00	2,05
3	Clínica La Sagrada Familia SAS	12.188,00	46.226,00	56.005,00	2,00
7	ESE Hospital Universitario San Juan de Dios	14.135,00	30.320,00	34.127,00	3,24
8	Oncólogos Del Occidente S.A.S.	3.673,00	30.984,00	54.281,00	1,57

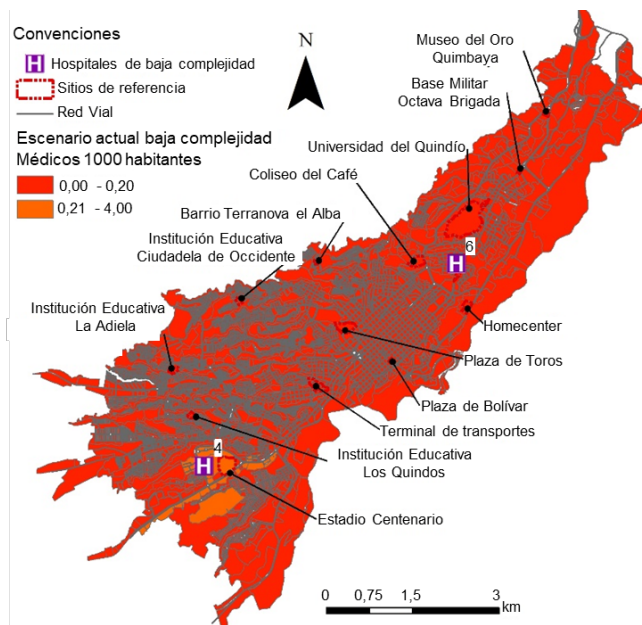
**Tabla 4.** Resultado del Paso 1 del E2SFCA  $R_j$  de los servicios de atención médica en escenario futuro de hospitales de Armenia

ID	Nombre servicio de atención médica	0 - 5 min	5 - 10 min	10 - 15 min	$R_j$ (médicos cada 1000 habitantes)
<i>Escenario futuro - baja complejidad</i>					
4	Red Salud Armenia Unidad Intermedia del Sur	9.469	36.550	71.428	0,962
6	Sociedad Cardiovascular del Eje Cafetero S.A.	11.697	43.912	40.498	0,485
<i>Escenario futuro - media y alta complejidad</i>					
1	Clínica del Café Dumian Medical	6.591	42.029	44.856	5,224
2	Clínica Central Del Quindío SAS	3.637	40.623	44.121	5,783
3	Clínica La Sagrada Familia SAS	12.188	46.226	56.005	5,679
7	ESE Hospital Universitario San Juan de Dios	14.135	30.320	34.127	9,384
8	Oncólogos Del Occidente S.A.S.	3.673	30.984	54.281	4,618
10	Hospital Nuevo 1	3.134	26.132	63.650	5,335
11	Hospital Nuevo 2	8.978	34.203	59.214	3,012

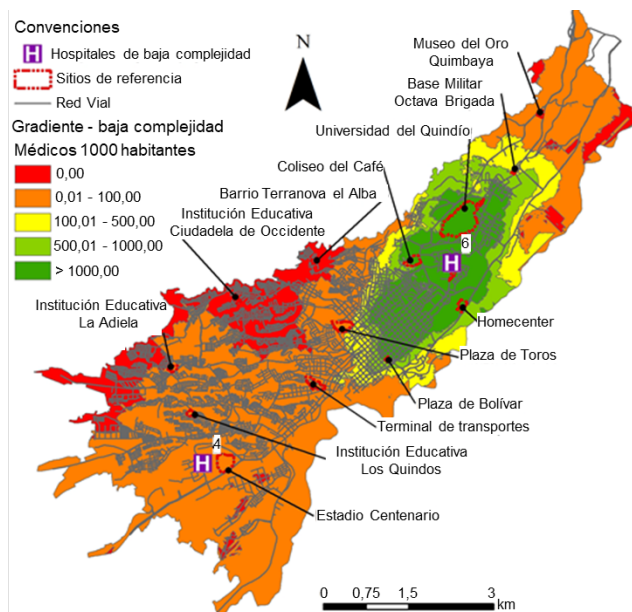
Sobre las variables del peso  $W_r$  relacionado a la ecuación (2), se ha presentado es el peso de la distancia para el tiempo de viaje a partir de la función gaussiana, capturando la disminución de accesibilidad a la atención para el número de médicos; que para este caso en particular se ha obtenido un  $\beta$  equivalente a 34 bajo la hipótesis de un peso crítico  $W_r$  de 0,01; con respecto a los factores utilizados  $D_{ij}$  para los pesos de los tiempos de 0-5 minutos es 2,5, para el rango de 5-10 minutos el factor es de 7,5 y el rango de 10-15 minutos el factor es de 12,5.

Sobre el segundo paso del método E2SFCA, se realizó el cálculo de tiempos de viaje con una matriz de Origen y destino desde cada manzana del sector de análisis de la investigación a cada nodo de atención medica existente y a los que se proyectaron en el escenario futuro; definiendo un sector de influencia para cada servicio de atención médica en un tiempo máximo 15 minutos en la matriz considerando para atender emergencias en dichas instituciones de salud; posteriormente, se procedió a verificar en la matriz los tiempos de viaje menores a 15 minutos, que son a los que se les aplica el factor del  $R_j$  como se establece en la ecuación (3).

Aplicando la metodología del método del E2SFCA en la accesibilidad de médicos por cada mil habitantes de los nodos de salud de baja Complejidad, presenta el escenario actual con accesibilidad máxima de 4 médicos por cada mil habitantes en los sectores cercanos al nodo de prestación de servicios de salud de Red Salud Armenia Unidad Intermedia del Sur y Sociedad Cardiovascular del Eje Cafetero S.A., tal como se evidencia en la Figura 4. Sin embargo, las variaciones realizadas para los médicos del escenario futuro los nodos de prestación de servicios de salud de baja complejidad mejoran sus condiciones de accesibilidad, por lo tanto, en la Figura 5 tiene el mapa de Gradiente con impacto positivo que mejora en la cobertura del hospital de la Sociedad Cardiovascular del Eje Cafetero S.A. y también Red Salud Armenia Unidad Intermedia del Sur.



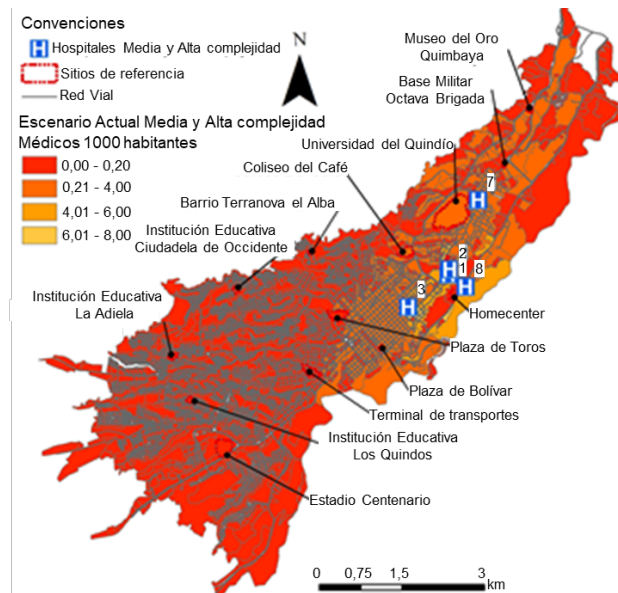
**Figura 4.** Accesibilidad a servicios médicos de baja complejidad por cada 1000 habitantes en el escenario actual a partir del método del E2SFCA



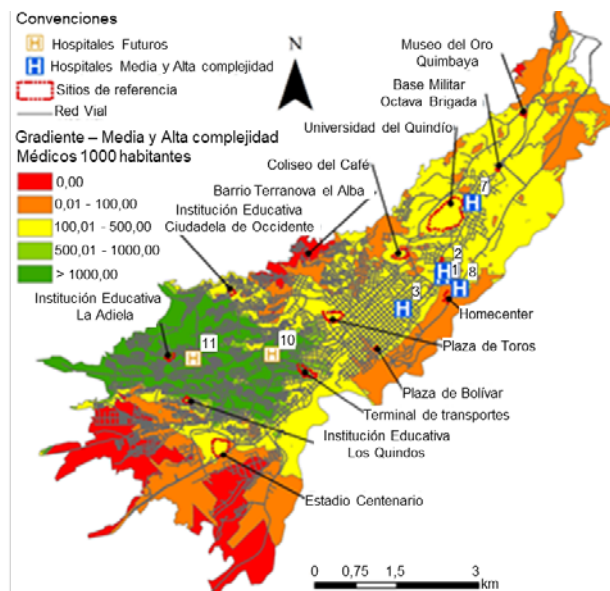
**Figura 5.** Gradiente de ahorro para los servicios de atención médica de baja complejidad por cada 1000 habitantes aplicando el método del E2SFCA

En la Figura 6 se presenta la evaluación del estado actual de accesibilidad por manzana para los nodos de prestación de servicios de salud de la ciudad de Armenia, que han sido clasificados en media y alta Complejidad, donde se observa cobertura en los sectores de Homecenter, Universidad del Quindío y Plaza de Bolívar; con estos resultados, se realiza un análisis buscando una alternativa que mejore las condiciones de cobertura con dos nuevos nodos de prestación de servicio de salud dentro de la clasificación de Media y Alta Complejidad, donde se proporciona una mejor cobertura en el sector Noroccidente de la ciudad.

Es importante resaltar que, en la Figura 7, el mapa de Gradiente muestra que el mayor impacto se localiza es sobre los Hospitales Nuevos donde la cobertura de las curvas isócronas se encuentra impactos mayores a 1000%, como era de esperarse y en las mejoras propuestas en los nodos de salud actuales de Media y Alta Complejidad se evidencia con coberturas de hasta 500%. Por otra parte, se evidencia que las zonas con un valor de 0, se encuentran hacia el sector occidental, en donde el desarrollo urbano es menor y aún se encuentra en desarrollo; esto facilita la atención actual en donde aún no se requiere de mayor infraestructura, sin embargo, se debe tener presente en la planificación del territorio con el fin de que en el momento de la expansión se considere la implementación de nuevos equipamientos para la población.



**Figura 6.** Accesibilidad a servicios médicos de media y alta complejidad por cada 1000 habitantes en el escenario actual a partir del método del E2SFCA



**Figura 7.** Gradiente de ahorro para los servicios de atención médica de media y alta complejidad por cada 1000 habitantes aplicando el método del E2SFCA

Sobre el cumplimiento del indicador de médicos publicado para Colombia [3], los resultados obtenidos determino que la ciudad de Armenia tiene en promedio 0,56 médicos por cada 1000 habitantes en el escenario actual; no obstante, en el escenario futuro con el método del E2SFCA en el escenario futuro arrojo resultados de 2,22 médicos por cada 1000 habitantes; lo que significa que cumpliría con el indicador con el que se está evaluando las condiciones del municipio. La anterior información, se puede evidenciar en los resúmenes presentados en las Tablas 5 y 6.

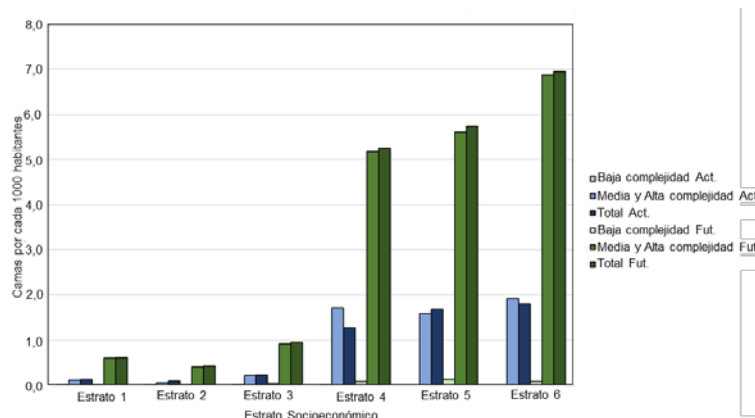
**Tabla 5.** Resumen de los valores promedio y máximo para camas y médicos aplicando el método del E2SFCA en el escenario Actual

E2SFCA Médicos Promedio TOTAL	E2SFCA Médicos Valor Máximo TOTAL	E2SFCA Médicos Promedio N1Y2	E2SFCA Médicos Valor Máximo N1Y2	E2SFCA Médicos Promedio N3Y4	E2SFCA Médicos Valor Máximo N3Y4
0,56	6,45	0,02	0,49	0,54	7,58

**Tabla 1.** Resumen de los valores promedio y máximo para camas y médicos aplicando el método del E2SFCA en el escenario Futuro

E2SFCA Médicos Promedio TOTAL	E2SFCA Médicos Valor Máximo TOTAL	E2SFCA Médicos Promedio N1Y2	E2SFCA Médicos Valor Máximo N1Y2	E2SFCA Médicos Promedio N3Y4	E2SFCA Médicos Valor Máximo N3Y4
2,22	22,98	0,07	0,80	2,15	22,58

Con esta información se procedió a analizar el método del E2SFCA por estrato socio económico para médicos y camas de la ciudad de Armenia, donde se determinó que los estratos 4, 5 y 6 tienen una mayor cobertura de accesibilidad para camas y médicos en la ciudad, como se muestra en la Figura 8. De igual forma, el método de planificación de la investigación encuentra que el escenario futuro aumenta la cobertura en los estratos 1, 2 y 3 de la zona Noroccidente de la ciudad de Armenia; beneficiando los sectores de difícil acceso con cobertura mínima de acceso a camas y a médicos.



**Figura 1.** Número de médicos según complejidad atención, a partir de la condición socioeconómica en los escenarios actual y futuro

Sobre los resultados obtenidos en la cobertura promedio de médicos en los estratos 4, 5 y 6, presentan valores altos debido a la proyección en el escenario futuro en los servicios de atención medica actuales de media y alta Complejidad, donde se estableció un escenario futuro con aumento significativo en el indicador de médicos, procurando no superar el valor de las camas en cada nodo de prestación de servicios de salud; lo anterior, se tuvieron en cuenta en la planeación propuesta en la investigación y se puede observar en las Tablas 2 y 3.

#### 4. CONCLUSIONES

La importancia del método E2SFCA se ve reflejado en evaluar el estado y comportamiento de la accesibilidad en los nodos de atención de salud, donde se determinó que en el municipio de Armenia sin tener en cuenta la accesibilidad en el escenario actual no cumple con el indicador establecido publicados por la OECD y World Bank en Colombia, considerando que con el método E2SFCA presenta una situación más crítica en este escenario, donde se obtuvo un indicador más bajo equivalente a 0.56 médicos por cada 1000 habitantes.

Respecto a la alternativa planteada, es posible afirmar que, podría cumplir con el indicador de médicos establecido por la OECD en Colombia, generando así un valor más alto del indicador equivalente a 2.22 médicos por cada 1000 habitantes; por lo tanto, se encuentra pertinente determinar que con el método E2SFCA cumple con las condiciones de accesibilidad y la red vial actual tiene unas condiciones que generan una accesibilidad adecuada a los hospitales actuales y futuros.

El análisis de la información de los indicadores de camas y médicos por estrato socioeconómico y el método E2SFCA, evidencia que en el escenario actual presenta difíciles condiciones de accesibilidad en la población de los estratos 1, 2 y 3, donde los indicadores promedio en los estratos mencionados son entre 0,120 a 0,228 médicos por cada 1000 habitantes, con lo cual, es posible afirmar que, la posibilidad de acceder a los servicios de salud se encuentra restringida, no obstante, se posibilita (mediante el estudio) que la administración municipal, pueda atender los requerimientos de la población, a partir de la inclusión de nuevos centros hospitalarios que garanticen una mayor equidad para la población de menores recursos

#### Reconocimientos

Los autores expresan agradecimientos a los miembros del Grupo de Investigación en Movilidad Sostenible de la Universidad Nacional de Colombia, por su apoyo y aporte en el desarrollo de la investigación; de igual manera al ingeniero Jorge Alberto Montoya por su apoyo a la estructuración del análisis, cuyo conocimiento fue fundamental para el desarrollo del proyecto.



## REFERENCIAS

- [1] Escobar D. et al. (2020). Planning of expansion of ICU hospital care in times of Covid-19 using the E2SFCA model. *Revista Espacios* 41(42), 19–38.
- [2] Presidencia de la Republica de Colombia. (2020). Decreto número 457 de 2020. Bogotá.
- [3] OECD y World Bank. (2020). Panorama de la salud: Latinoamérica y el Caribe 2020. OECD Publishing.
- [4] Ministerio de Salud. (2022). El Coronavirus en Colombia. Recuperado: <https://coronaviruscolombia.gov.co/Covid19/index.html>
- [5] Wang F. (2012). Measurement, optimization, and impact of health care accessibility: A methodological review. *Anal. of the Association of American Geographers* 102(5), 1104–1112.
- [6] Hansen W. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners* 25(2), 73–76.
- [7] Garrocho C. y Alanís J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: Fundamentos, diseño y aplicación. *Economía Sociedad y Territorio* VI.
- [8] Levine J. (2020). A century of evolution of the accessibility concept. *Transportation research part D: Transport and environment* 83, 102309.
- [9] Kotavaara O. et al. (2015). Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970-2007. *Journal of Transport Geography* 19(4), 926–935
- [10] MacKinnon D. et al. (2008). Transport and economic development. *Transport geographies: Mobilities, flows and Spaces*. Wiley-Blackwell.
- [11] Escobar D. y García F. (2012). Territorial accessibility analysis as a key variable for diagnosis of urban mobility: A case study Manizales (Colombia). *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 48, 1385–1394.
- [12] Younes C. et al. (2016). Equidad, accesibilidad y transporte. Aplicación explicativa mediante un análisis de accesibilidad al sector universitario de Manizales (Colombia). *Información Tecnológica* 27(3), 107–118.
- [13] Montoya J. et al. (2017). Proposed location of new shopping centers, application of an urban territorial accessibility analysis. *Revista Espacios* 38(51), 4.
- [14] Zuluaga J. y Escobar D. (2016). Geomarketing analysis for shopping malls in Manizales (Colombia). Accessibility approach methodology. *Revista Espacios* 38(21), 20.
- [15] Walsh S. et al. (2015). Geographic accessibility to higher education on the island of Ireland. *Irish Educational Studies* 34(1), 5-23.
- [16] Escobar D. (2017). Análisis de cobertura urbana de los nodos de actividad primaria mediante un estudio de accesibilidad territorial en Quibdó (Colombia). *Información tecnológica* 28(5), 177-190.
- [17] Freeman V. et al. (2020). Spatial access to primary care providers and colorectal cancer-specific survival in Cook County, Illinois. *Cancer Medicine* 9(9), 3211–3223.
- [18] Gutiérrez A. (2012). ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Revista Bitácora Urbano Territorial* 21, 61–74.
- [19] Luo W. y Wang F. (2003). Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region. *Environment and Planning B: Planning and Design* 30(6), 865–884.
- [20] Huang Y. et al. (2019). Spatial access to health care and elderly ambulatory care sensitive hospitalizations. *Public Health* 169, 76–83.
- [21] Monsalve S. et al. (2016). Evaluación de la accesibilidad espacial a los puestos de la campaña de vacunación antirrábica en Bogotá, Colombia. *Biomedica* 36(3), 447–453.
- [22] Infante G. (2013). Modelo de acessibilidade para o planejamento espacial de ações em saúde pública: O caso dos programas de vacinação contra a raiva e de esterilização para cães e gatos de Bogotá.
- [23] Gobernación del Quindío. (2022). El Departamento. Recuperado: <https://quindio.gov.co/el-departamento/generalidades/datos-geograficos-basicos>
- [24] DANE. (2021). Datos y Metadatos. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- [25] Ghorbanzadeh M. et al. (2021). Spatial accessibility assessment of Covid-19 patients to healthcare facilities: A case study of Florida. *Travel Behaviour and Society* 24, 95–101.
- [26] REPS. (2021). Dirección prestación de servicios y atención primaria. Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud.
- [27] Bocarejo J. y Oviedo D. (2012). Transport accessibility and social inequities: A tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography* 24, 142–154.
- [28] Kwan M. (2010). Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework. *Geographical Analysis* 30(3), 191–216.
- [29] Pan J. et al. (2015). Assessing the spatial accessibility of hospital care in Sichuan province, China. *Geospatial Health* 10(2).

# Rol de las estrategias y barreras a la digitalización en la adopción de tecnologías en las MIPYME

Tatiana Julieth Suarez Pedraza<sup>1</sup>

Elsa Beatriz Gutiérrez Navas<sup>2</sup>

*Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia*

La transformación de la economía mundial hacia una economía digital exige que las empresas realicen procesos de transformación digital para sobrevivir y competir en el mercado. Consciente de esto, el presente estudio busca identificar las estrategias y barreras a la digitalización que inciden en la adopción de tecnologías por parte de las MIPYME, según la literatura científica y los empresarios de las MIPYME de Bucaramanga, Colombia. Se parte de una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos Science Direct y Ebscohost; luego se realiza un estudio estadístico usando la prueba de diferencia de proporciones a partir de la aplicación de un cuestionario a 311 MIPYME; y finalmente se contrastan ambos hallazgos. Lo anterior permitió reconocer el acuerdo entre la literatura científica y el estudio del comportamiento de las empresas de Bucaramanga, sobre la relevancia para la adopción de tecnologías de estrategias a la digitalización, tales como el conocimiento de las posibilidades y ventajas de la digitalización, la destinación de recursos importantes a digitalizar el negocio, la preparación de los empleados para el desarrollo digital y la organización habitual de formación para la transformación digital. Así mismo, se concluye que las barreras a la digitalización que obstaculizan la adopción tecnológica son los costos de inversión, la falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener, los requisitos de seguridad de tecnologías de información exigentes (ciberseguridad) y la falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital. Además, de la poca importancia para la adopción tecnológica de barreras como la conexión de banda ancha insuficiente y el hecho de que la digitalización pueda ser mal percibida por los trabajadores.

---

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería industrial. Contacto: [tatiana.suarez.2017@upb.edu.co](mailto:tatiana.suarez.2017@upb.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera Industrial y Magíster en Administración. Contacto: [elsa.gutierrez@upb.edu.co](mailto:elsa.gutierrez@upb.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los constantes cambios que está experimentando el mundo en materia de digitalización han generado una transformación en la economía mundial. Por un lado, la nueva economía está basada en la digitalización y la inteligencia en redes, creando un nuevo ambiente de negocios que se caracteriza por su sentido volátil, competitivo y global; este ambiente exige el uso de TIC para mejorar el servicio al cliente, adaptarse eficazmente a los cambios, dar una mejor capacidad de respuesta, optimizar sus procesos e incrementar su innovación. Otra de sus consecuencias es la fundamentación de sus procesos de negocios en una economía del conocimiento, donde tiene un mayor valor agregado la capacidad mental y no la física [1].

Esta economía digital trae consigo un peligro potencial para aquellas empresas o sociedades que se queden atrás, pues la inmediatez es su fundamento principal [1]. En ese sentido, la transformación digital de las empresas en un contexto globalizado se ha convertido en una obligación, más que una opción. De acuerdo con un estudio realizado por la firma de consultoría KPMG Internacional, la transformación digital le permite a las empresas un crecimiento promedio de los ingresos del 14,7% y una reducción de los costes del 12,3%; adicionalmente, la digitalización le trae beneficios a la empresa como una mayor eficiencia de sus procesos; una toma de decisiones más rápida y efectiva; nuevas tecnologías y modelos estratégicos; mayor accesibilidad y velocidad de procesamiento de la información; y una mayor satisfacción de los clientes gracias a la experiencia digital que la empresa pueda ofrecerle, generando mayores ventas de sus productos o servicios y aumentando la fidelidad de los mismos [2].

Según el informe del Observatorio de Economía Digital en Colombia, se ha mejorado la inversión en materia de tecnologías maduras, pero todavía existe una gran brecha en la implementación de tecnologías avanzadas. Para lograr minimizar las brechas y superar los retos, las empresas colombianas deben contar con talento humano capacitado y conocedor de los conceptos de transformación digital e intercambio electrónico de datos EDI, para así lograr comprender las funcionalidades, ventajas y desventajas que traen consigo las nuevas tecnologías y realizar una inversión pertinente en aquellas que sean más adecuadas para la mejora en la ejecución de sus procesos de negocios [3].

Las MIPYME en Colombia son de gran importancia ya que representan más de 90% del sector productivo nacional, generan el 35% del PIB y el 80% del empleo de toda Colombia [4]. De otra parte, Santander es uno de los departamentos con mayores fortalezas económicas en Colombia, ya que se posiciona como el cuarto departamento según su aporte en el PIB del país, representando el 6,3% de este, y hace parte de los cinco departamentos principales que más aumentaron su participación en el PIB de Colombia [5]. Todo lo anterior, permite reconocer la relevancia de potenciar la competitividad de las MIPYME en Bucaramanga, capital de Santander, a partir de procesos de digitalización para garanticen su supervivencia en el tiempo y la protección del empleo que generan.

Conscientes de lo anterior, se plantea realizar un estudio de la adopción de las tecnologías en las MIPYME, y el rol que han jugado en este proceso la implementación de estrategias de digitalización y las barreras a la digitalización, buscando responder la pregunta de investigación: *¿Qué estrategias y barreras a la digitalización inciden en la adopción de tecnologías por parte de las MIPYME según la literatura científica y los empresarios de las MIPYME de Bucaramanga?* Para ello se parte de una revisión sistemática de literatura en las bases de datos Science Direct y Ebscohost, para luego realizar un estudio estadístico usando la prueba de diferencia de proporciones a partir de la aplicación de un cuestionario a 311 MIPYME de Bucaramanga, para finalmente contrastar los hallazgos de la literatura científica y del estudio estadístico.

## 2. MÉTODO

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicaron las siguientes etapas:

### 2.1 Revisión sistemática de la literatura

Para el desarrollo de este estudio exploratorio, se partió de una revisión sistemática de literatura en las bases de datos Science Direct y Ebscohost. En la Tabla 1 se presenta para cada una de las bases de datos la

cantidad de publicaciones que arrojo la primera búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión utilizados para aceptar y rechazar los resultados y, finalmente las publicaciones aceptadas con los cuales se realizó el análisis.

**Tabla 1.** Revisión sistemática de la literatura

Base de datos	Science Direct	Ebsco Host
<b>Ecuación de búsqueda</b>	<i>msmes AND (digitization OR icts OR "digital transformation") AND (innovation OR competitiveness OR finance OR "financial performance" OR "business performance")</i>	<i>msmes AND (digitization OR icts OR "digital transformation") AND (innovation OR competitiveness OR finance OR "financial performance" OR "business performance")</i>
<b>Primera Búsqueda</b>		
<b>Resultados</b>	117 publicaciones	20 publicaciones
<b>Segunda búsqueda</b>		
<b>Criterio de inclusión</b>	Rango de 10 años (2012 - 2022)	
<b>Resultados</b>	103 publicaciones	13 publicaciones
<b>Criterios de exclusión</b>	Publicaciones no relacionadas con la temática de interés y documentos con archivos de acceso cerrado o que solo se tenía acceso de la lista de índices	
<b>Aceptados</b>	25 publicaciones	4 publicaciones
<b>Rechazados</b>	78 publicaciones	9 publicaciones

La revisión sistemática de literatura permitió identificar 29 publicaciones de interés para la investigación, los cuales se revisan de manera detallada, identificando 2 publicaciones que analizaron explícitamente el impacto de las barreras u obstáculos a la digitalización sobre la adopción de tecnologías en las MIPYME, y 5 publicaciones que estudiaron la relación entre las estrategias a la digitalización y la adopción tecnológica, las cuales se analizan en profundidad.

## 2.2 Estudio estadístico del comportamiento de las MIPYME en Bucaramanga

Para el desarrollo del presente trabajo se aplicó un instrumento tipo cuestionario diseñado y validado por el Observatorio Iberoamericano de la MIPYME, la cual fue implementada por medio de entrevista telefónica o por medio de correo electrónico. El instrumento fue aplicado a una muestra característica de una población total de 5.443 MIPYME (cifra correspondiente a la base de datos suministrada por la Cámara de Comercio de Bucaramanga) las cuales cumplen con los siguientes requisitos:

- El tamaño de la organización corresponde a micro, pequeña o mediana empresa
- La empresa se encuentra localizada en la ciudad de Bucaramanga
- La empresa cuenta con al menos 5 años de antigüedad desde su constitución
- La empresa se encuentra legalmente constituida bajo la forma de una persona jurídica
- La empresa se encuentra renovada a la fecha y activa

De acuerdo con la población definida, se seleccionó una muestra característica con un nivel de confianza del 95% y margen de error del 6% constituida por 255 MIPYME, logrando respuesta de 311 MIPYME, lo que permitió superar la muestra estratificada por cada tipo de sector económico, tal como se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 1.** Muestra propuesta por sector vs Muestra realmente recolectada por sector

Sector	Población total	Participación poblacional [%]	Muestra propuesta	Muestra real
Comercio	1.143	21%	54	60
Construcción	762	14%	36	47
Industria Extractiva	54	1%	3	3
Industria Manufacturera	653	12%	31	47
Sector primario	218	4%	10	14
Servicios	2.613	48%	122	140
Total	5.443	100%	255	311

Para el procesamiento estadístico de los datos se hizo uso del software MiniTab y se empleó la prueba de diferencia de dos proporciones ajustada a la curva normal o a la prueba de exactitud de Fisher para el caso

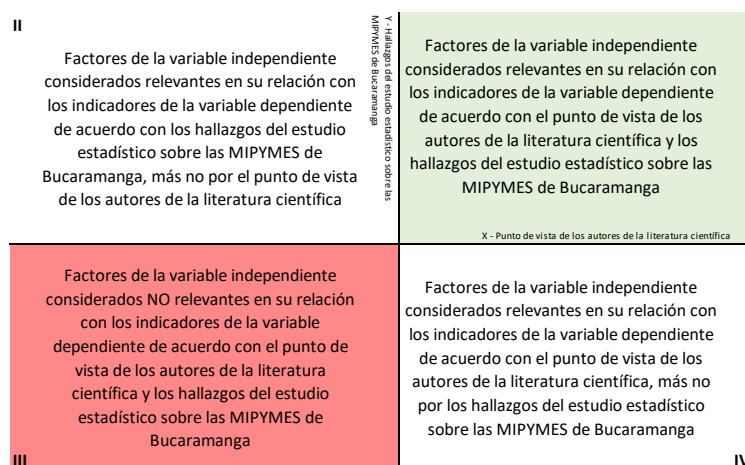
de muestras reducidas (30 o menos empresas). De esta manera, se aprueba la hipótesis de que existe una diferencia de proporciones estadísticamente significativa si el  $p\text{-value} \leq 0,05$ , y se rechaza la hipótesis si el  $p\text{-value} > 0,05$ .

Para ejecutar la prueba de diferencia de dos proporciones, se convirtieron las escalas Likert de valoración en escalas dicotómicas, tanto para las variables independientes (estrategia y la barrera a la digitalización) como de variable dependiente (adopción de las 12 tecnologías analizadas), considerando que NO era importante para las MIPYME, si los empresarios las calificaron como: no importante, poco importante o algo importante; y SI era importante para las MIPYME, si los empresarios las calificaron en: importante y muy importante.

### 2.3 Contraste entre los hallazgos de la revisión de literatura y el estudio estadístico

Una vez realizada la revisión sistemática de literatura, y el estudio estadístico, se buscó contrastar los resultados obtenidos en los dos análisis realizados, comparando los hallazgos del análisis estadístico de las MIPYME de Bucaramanga frente a la posición planteada en la literatura científica a partir del estudio de diversas MIPYME a nivel mundial, evaluando los puntos de acuerdo y desacuerdo a partir de un plano cartesiano. El sistema de coordenadas propuesto ubica en el eje X se describa el punto de vista de los autores de la literatura científica, y en el eje Y los hallazgos del estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga.

En el eje X positivo (+) se ubican las variables independientes (Estrategias y barreras a la digitalización) consideradas relevantes por al menos uno de los autores de la literatura científica en su relación con la variable dependiente (Adopción de tecnología), mientras que en el eje X negativo (-) se ubican las variables independientes que no fueron consideradas relevantes por ninguno de los autores de la literatura científica. Así mismo, el eje Y positivo (+) se ubican las variables independientes (Estrategias y barreras a la digitalización) que arrojaron una diferencia estadísticamente significativa en su relación con la variable dependiente (Adopción tecnológica) de acuerdo con los hallazgos estadísticos encontrados a partir de las encuestas aplicadas a los empresarios de las MIPYME de Bucaramanga, mientras que, el eje Y negativo (-) se ubican las variables independientes que arrojaron una diferencia estadísticamente no significativa. A partir de lo anterior, el plan cartesiano permite clasificar las variables independientes en cuatro cuadrantes, tal y como se explica en la Figura 1.



**Figura 1.** Plano cartesiano para constatar los hallazgos de la literatura científica y del estudio estadístico del comportamiento de las MIPYME de Bucaramanga

Basado en el sistema de coordenadas propuesto, los cuadrantes I y II del plano cartesiano plantean un acuerdo entre los autores de la literatura científica y los hallazgos del estudio estadísticos de las MIPYME de Bucaramanga sobre las estrategias y barreras a la digitalización que fueron o no fueron determinantes para la adopción de tecnología por parte de las MIPYME. Por otro lado, los cuadrantes III y IV suponen un punto de desacuerdo entre los autores de la literatura científica y los hallazgos del estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga, pues, el cuadrante II propone las estrategias y barreras a la digitalización que

fueron considerados relevantes según el estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga en su relación con la adopción tecnológica, no siendo considerados relevantes por los autores de la literatura científica; y, al contrario, el cuadrante IV propone las estrategias y barreras a la digitalización considerados relevantes por al menos uno de los autores de la literatura científica en su relación con la adopción tecnológica, que no fueron significativos en el estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Rol de las estrategias y barreras a la digitalización en la adopción de tecnología en las MIPYME según la literatura

A continuación, se presenta el análisis de la literatura científica resultante de la revisión sistemática para cada una de las variables independientes de interés (Estrategias de digitalización y barreras u obstáculos a la digitalización).

##### 3.1.1 Rol de las estrategias de digitalización en la adopción de tecnología

La revisión sistemática de literatura permitió identificar 5 publicaciones que analizan la incidencia de las estrategias a la digitalización sobre la adopción de tecnologías en las MIPYME. En la Tabla 3 se presenta el número de publicaciones que estudió cada estrategia de digitalización (N.P.) y el número de publicaciones que consideraron relevantes la estrategia (N.P.R.), dada su incidencia sobre la adopción tecnológica en las MIPYME.

**Tabla 32.** Estrategias de digitalización que inciden en la adopción de tecnologías

Estrategias de digitalización que inciden sobre la adopción de tecnologías	Adopción de tecnologías		
	N.P.	N.P.R.	Publicaciones
E1. Conocemos bien las posibilidades y ventajas de la digitalización	1	1	[6] - (R)
E2. Destinamos recursos importantes a digitalizar el negocio	4	2	[7] - (R); [8] - (R); [9] - (NR); [6] - (NR)
E4. Nuestros empleados están preparados para el desarrollo digital de la empresa	3	3	[10] - (R); [8] - (R); [6] - (R)
E5. Nuestros directivos tienen buena formación en digitalización	1	0	[10] - (NR)
E6. El grado de automatización de procesos es alto en mi empresa	1	0	[10] - (NR)
E8. En nuestra empresa se organiza habitualmente formación para la transformación digital	1	1	[9] - (R)
E9. Apoyo del gobierno para la digitalización de las empresas	4	3	[7]; [10]; [9]; [6]
Otros	5	3	[7]; [10]; [8]; [9]; [6]

R: Relevante; NR: No relevante

- La estrategia E1, *Conocemos bien las posibilidades y ventajas de la digitalización*, fue estudiada por [6] y considerado relevante por su incidencia sobre la adopción de tecnologías. Los autores abordan el factor desde los beneficios percibidos, el apoyo de la alta dirección y la orientación estratégica.
- La estrategia E2, *Destinamos recursos importantes a digitalizar el negocio*, se estudió en cuatro publicaciones, correspondiente al 80%, y considerado relevante por dos de ellas. En [8] concluyen que la infraestructura de software es un predictor significativo que afecta la adopción de la Industria 4.0 en economías emergentes como la India; mientras que, [7] consideran el factor gastos en I+D de las organizaciones como un habilitador de importancia media.
- La estrategia E4, *Nuestros empleados están preparados para el desarrollo digital de la empresa*, fue estudiado por tres publicaciones y considerado relevante por todas. En [10] concluyen que el único factor impulsor importante con la capacidad de influir en todos los factores, y por ende en la adopción de tecnologías, corresponde a la experiencia tecnológica previa. Igualmente, en [8] concluyen que la capacidad técnica es un factor altamente significativo en la adopción de la Industria 4.0. Por su lado, [6] proponen que el conocimiento de TIC de los empleados y la preparación organizacional son uno de los factores organizacionales más importantes para la adopción de tecnologías.

- Las estrategias *E5, Nuestros directivos tienen buena formación en digitalización, y E6, El grado de automatización de procesos es alto en mi empresa*, fueron estudiados por una publicación cada uno; sin embargo, los autores no consideraron ninguno de estos factores relevantes en su incidencia con la relación con la adopción de tecnologías.
- La estrategia *E8, En nuestra empresa se organiza habitualmente formación para la transformación digital*, fue estudiado y considerado relevante por una publicación, correspondiente al 20% de las publicaciones que estudian la relación analizada. [9] consideran la formación interna del personal técnico como un factor altamente significativo y con gran influencia en la contribución de las capacidades tecnológicas de las MIPYME.
- La estrategia *E9, Apoyo del gobierno para la digitalización de las empresas*, fue estudiado por cuatro publicaciones, es decir, el 80% del total de publicaciones que estudian la relación actual; sin embargo, solo tres la consideraron relevante. [7] concluyen que las políticas y programas gubernamentales son el tercer habilitador más importante para propiciar las innovaciones tecnológicas, pues los marcos gubernamentales crean o no un entorno propicio para que las organizaciones se mantengas y crezcan.
- En relación con las otras estrategias analizadas en la literatura, [10] abordan el factor desde la *compatibilidad* (el grado en que la innovación se percibe como coherente con los valores existentes, las experiencias previas y los requisitos de los usuarios potenciales) y lo consideran como uno de los cuatro factores más importantes que influyen en la adopción del Cloud Computing en el contexto indio. Por otro lado, [9] abordaron la estrategia *contacto con agentes externos* (la creación de redes con la asociación de la industria), considerando que tiene una alta influencia, debido a que la información y los servicios proporcionados por las asociaciones de la industria mejorarán la capacidad tecnológica. Finalmente, [6] abordaron la estrategia *compatibilidad y complejidad*, llegando a concluir que estos dos son los más influyentes en la adopción de comercio móvil en las organizaciones.

### 3.1.2 Rol de las barreras u obstáculos a la digitalización en la adopción de tecnología

A partir de la revisión sistemática de literatura se identificaron 2 publicaciones que estudiaron la incidencia de los obstáculos o barreras a la digitalización sobre la adopción de tecnologías en las MIPYME. En la Tabla 4 se presenta el número de publicaciones que estudió cada barrera (N.P.) y el número de publicaciones que consideraron relevantes la barrera (N.P.R.), dada su incidencia sobre la adopción tecnológica en las MIPYME.

**Tabla 3.** Barreras u obstáculos de la digitalización que inciden sobre la adopción de tecnologías

Barreras u obstáculos	Adopción de tecnologías		
	N.P.	N.P.R.	Publicaciones
B2. Falta de recursos financieros en la empresa	1	0	[11] - (NR)
B3. Altos costos de inversión	2	2	[12] - (R); [11] - (R)
B5. Falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener	2	1	[12] - (R); [11] - (NR)
B6. Falta de conocimiento sobre los proveedores tecnológicos	1	0	[12] - (NR)
B7. Requisitos de seguridad de tecnologías de la información exigentes (ciberseguridad)	1	1	[11] - (R)
B8. Falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital	1	1	[11] - (R)
Otros	1	1	[11] - (R)
			Falta de marcos de políticas gubernamentales

En relación con la barrera *B3 Altos costos de inversión*, [12] concluyen mediante su estudio, que el 39% de los encuestados considera la alta inversión en equipos y herramientas como uno de los principales obstáculos para la adopción tecnológica. Por su parte, [11] concluyeron que la falta de actualización tecnológica, debido a los altos costos de inversión, es una barrera de naturaleza influyente y, por lo tanto, requiere atención.

De otra parte, la *Dificultad para encontrar y mantener personal cualificado (B5)* fue una barrera estudiada y encontrada relevante para la adopción tecnológica por [12], quienes concluyeron que el 23% de los encuestados señalan tener un conocimiento limitados sobre el uso de tecnologías, siendo este un obstáculo más para la adquisición de la Industria 4.0.

[11] estudiaron los factores *B7 Requisitos de seguridad de tecnologías de información exigentes (ciberseguridad)*; *B8 Falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital* y falta políticas gubernamentales, y los consideraron relevantes en su incidencia sobre la variable dependiente adopción de tecnologías. Los autores abordan los factores desde la seguridad cibernética y la falta de comprensión sobre la importancia de la Industria 4.0 en los niveles de la alta dirección, llegando a concluir que son barreras influyentes que requieren de atención. Adicionalmente, abordaron otro factor como la falta de marcos de políticas gubernamentales, encontraron esta como la barrera causal más impactante en la decisión sobre la adopción de tecnologías.

Barreras como *B2 Falta de recursos financieros* y *B6 Falta de conocimiento sobre proveedores tecnológicos* fueron estudiados por una publicación, sin embargo, ninguno de los autores consideró relevante estos factores para la adopción tecnológica.

### 3.2 Rol de las estrategias y barreras a la digitalización en la adopción de tecnología

A continuación, se presentan los resultados del estudio estadístico para cada una de las variables independientes de interés: estrategias de digitalización y barreras u obstáculos a la digitalización.

#### 3.2.1 Rol de las estrategias de digitalización en la adopción de tecnología

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la prueba de diferencia de proporciones estadísticamente significativos ( $P\text{-value} \leq 0,05$ ) entre las empresas que tuvieron un buen y mal desempeño en la adopción de las 12 tecnologías analizadas por sector económico y para el conglomerado de las MIPYME estudiadas, lo cual permite evidenciar las estrategias a la digitalización que fueron más importantes para los líderes de las MIPYME de Bucaramanga (Santander, Colombia) con altos estándares de adopción tecnológica. Se aclara que no se incluyen las diferencias de proporciones que no fueron estadísticamente significativas, dado que el p-value tuvo un comportamiento mayor a 0,05.

**Tabla 5.** Prueba de diferencia de dos proporciones para la relación entre las estrategias de digitalización y la adopción tecnológica

Sector/ Estrategia	Comercio		Construcción		Ind. manufactureras		Servicios		Conglomerado	
	Diferencia Buen-Mal [%]	P-Value	Diferencia Buen-Mal [%]	P-Value	Diferencia Buen-Mal [%]	P-Value	Diferencia Buen-Mal [%]	P-Value	Diferencia Buen-Mal [%]	P-Value
E1	38%	0,001*	-	-	-	-	-	-	25%	0,000
E2	-	-	55%	0,000*	66%	0,000*	55%	0,000	49%	0,000
E3	33%	0,015	43%	0,006*	63%	0,000*	60%	0,000	54%	0,000
E4	-	-	-	-	55%	0,001*	20%	0,027	25%	0,000
E5	-	-	-	-	-	-	-	-	18%	0,004
E6	29%	0,033	-	-	75%	0,000*	42%	0,000	42%	0,000
E7	-	-	38%	0,020	60%	0,000*	48%	0,000	43%	0,000
E8	50%	0,000	28%	0,042*	69%	0,000*	54%	0,000	53%	0,000

\*Prueba Fisher's para muestras pequeñas

E1 - Conocemos bien las posibilidades y ventajas de la digitalización

E2 - Destinamos recursos importantes a digitalizar el negocio

E3 - El modelo de negocio se evalúa y actualiza en materia de digitalización

E4 - Nuestros empleados están preparados para el desarrollo digital de las empresas

E5 - Nuestros directivos tienen buena formación en digitalización

E6 - El grado de automatización de procesos es alto en mi empresa

E7 - Utilizamos la digitalización en la gestión organizativa de la empresa

E8 - En nuestra empresa se organiza habitualmente formación para la transformación digital

- La estrategia E1, *Conocemos bien las posibilidades y ventajas de la digitalización*, obtuvo una relación estadísticamente significativa con una diferencia de proporciones positiva equivalente al 25% para las MIPYME de Bucaramanga y del 38% para las MIPYME del sector comercio, lo cual indica que la implementación de esta estrategia se presentó en una mayor proporción en aquellas MIPYME que lograron obtener un buen nivel de adopción tecnológica frente a aquellas que no lograron obtener un buen nivel de adopción tecnológica. Lo anterior permite concluir que, conocer bien las posibilidades y ventajas de la digitalización jugó un papel favorable en las MIPYME de Bucaramanga, especialmente en aquellas que pertenecen al sector de comercio, a la hora de querer lograr una buena adopción tecnológica al interior de la empresa.



- La estrategia *E2, Destinar recursos importantes para digitalizar el negocio*, se presentó en una mayor proporción en aquellas MIPYME de Bucaramanga que lograron obtener un buen desempeño tecnológico, con una relación estadísticamente significativa y una diferencia de proporciones positiva equivalente al 49%. Esta misma condición se presentó para los MIPYME pertenecientes al sector de construcción, de industrias manufactureras y de servicios con una relación estadísticamente significativa y una diferencia de proporciones positiva equivalente al 55%, 66% y 55%, respectivamente. Lo anterior indica que, para las MIPYME de Bucaramanga, especialmente aquellas que pertenecen al sector de construcción, de industrias manufactureras y de servicios, destinar recursos importantes para digitalizar el negocio fue una estrategia que favoreció la buena adopción tecnológica.
- La estrategia *E3, El modelo de negocio se evalúa y actualiza en materia de digitalización*, obtuvo una relación estadísticamente significativa y una diferencia de proporciones positiva correspondiente al 54% para las MIPYME de Bucaramanga, lo cual indica que la implementación de esta estrategia se presentó en una mayor proporción en aquellas empresas que lograron obtener un buen nivel de adopción tecnológica frente a aquellas con bajo nivel. Así mismo, se describe el comportamiento de las MIPYME que pertenecen al sector de comercio (diferencia de proporciones positiva equivalente al 33%), construcción (diferencia de proporciones positiva equivalente al 43%), industrias manufactureras (diferencia de proporciones positiva equivalente al 63%) y de servicios (diferencia de proporciones positiva equivalente al 60%), cada uno con una relación estadísticamente significativa. Lo anterior permite concluir que, evaluar y actualizar el modelo de negocio en materia de digitalización para las MIPYME de Bucaramanga favoreció la obtención de una buena adopción tecnológica al interior de la empresa en los diferentes sectores económicos (Comercio, de construcción, de industrias manufactureras y de servicios).
- La estrategia *E4, Nuestros empleados están preparados para el desarrollo digital de la empresa*, obtuvo una relación estadísticamente significativa con una diferencia de proporciones positiva equivalente al 25% para las MIPYME de Bucaramanga, del 55% para el sector de industrias manufactureras y del 20% para el sector de servicios, lo cual indica que la implementación de esta estrategia se presentó en una mayor proporción en aquellas MIPYME que lograron obtener un buen nivel de adopción tecnológica frente a aquellas con bajo nivel. Lo anterior permite concluir que tener empleados que están preparados para el desarrollo digital de la empresa les favoreció a las MIPYME de Bucaramanga, especialmente aquellas que pertenecen al sector de industrias manufactureras y de servicios, en la obtención de un buen nivel de adopción tecnológica.
- En las MIPYME de Bucaramanga *contar con directivos con buena formación en digitalización (E5)* se presentó en una mayor proporción en aquellas empresas que lograron obtener un alto nivel de adopción tecnológica, frente a aquellas con bajo nivel; pues la relación entre estas dos variables obtuvo una relación estadísticamente significativa con una diferencia de proporciones positiva equivalente al 18%. Lo anterior permite concluir que, para las MIPYME de Bucaramanga fue una estrategia favorable contar con directivos con buena formación en digitalización para obtener un buen nivel de adopción tecnológico.
- La estrategia *E6, El grado de automatización es alto en mi empresa*, obtuvo una relación estadísticamente significativa con una diferencia de proporciones positiva equivalente al 42% para las MIPYME de Bucaramanga, del 29% para el sector comercio, del 75% para la industria manufacturera y del 42% para el sector de servicios. Lo anterior permite concluir que, tener un alto grado de automatización en las MIPYME de Bucaramanga y en los sectores de comercio, manufactura y servicios favoreció el logro de una alta adopción tecnológica.
- *La utilización de la digitalización en la gestión organizativa de la empresa (E7)*, con una relación estadísticamente significativa y una diferencia de proporciones positiva equivalente al 43% entre las MIPYME de Bucaramanga, y al 38%, 60% y al 48% en los sectores de construcción, manufacturera y servicios respectivamente, presentándose en una mayor proporción en aquellas MIPYME que lograron obtener un buen grado de adopción tecnológica. Lo anterior permite concluir que utilizar la digitalización en la gestión organizativa de la empresa favoreció a las MIPYME de Bucaramanga, especialmente a

aquellas que pertenecen al sector de construcción, de industrias manufactureras y de servicios, a la hora de obtener un buen nivel de adopción tecnológica.

- La estrategia *E8, En nuestra empresa se organiza habitualmente formación para la transformación digital*, obtuvo una relación estadísticamente significativa con una diferencia de proporciones positiva correspondiente al 53%, es decir, la implementación de esta estrategia se presentó en una mayor proporción en aquellas MIPYME de Bucaramanga que lograron obtener un buen nivel de adopción tecnológico frente a aquellas que no lograron obtener un buen nivel. Esta misma condición se presentó para las MIPYME que pertenecen al sector de comercio (diferencia de proporciones positiva equivalente al 50%), construcción (diferencia de proporciones positiva equivalente al 28%), industrias manufactureras (diferencia de proporciones positiva equivalente al 69%) y servicios (diferencia de proporciones positiva equivalente al 54%) cada una con una relación estadísticamente significativa. Lo anterior permite concluir que, organizar formación habitual al interior de la empresa para la transformación digital favoreció la adopción tecnológica de las MIPYME de Bucaramanga y de los sectores económicos de comercio, construcción, industrias manufactureras y servicios.

### 3.2.2 Rol de las barreras u obstáculos a la digitalización en la adopción de tecnología

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la prueba de diferencia de proporciones estadísticamente significativas ( $P\text{-value} \leq 0,05$ ) entre las empresas que tuvieron un buen y mal desempeño en la adopción de las 12 tecnologías analizadas por sector económico y para el conglomerado de las MIPYME estudiadas, lo cual permite evidenciar las barreras a la digitalización que fueron consideradas por los líderes de las MIPYME de Bucaramanga (Santander, Colombia) con altos estándares de adopción tecnológica como críticas en su proceso de digitalización en las empresas. Se aclara que no se incluyen las diferencias de proporciones que no fueron estadísticamente significativas, dado que el p-value tuvo un comportamiento mayor a 0,05.

**Tabla 6.** Prueba de diferencia de dos proporciones para la relación entre las barreras u obstáculos a la digitalización y la adopción tecnológica

Sector / Barrera	Comercio		Servicios		Conglomerado	
	Diferencia Buen-Mal [%]	P-Value	Diferencia Buen-Mal [%]	P-Value	Diferencia Buen-Mal [%]	P-Value
B2. Falta de recursos financieros en la empresa	28%	0,041	-	-	18%	0,006
B3. Altos costos de inversión	-	-	21%	0,030	22%	0,001
B5. Falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener	-	-	-	-	18%	0,004
B6. Falta de conocimiento sobre los proveedores tecnológicos	32%	0,018	-	-	18%	0,003
B7. Requisitos de seguridad de tecnologías de la información exigentes (ciberseguridad)	35%	0,009	-	-	24%	0,000
B8. Falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital	-	-	-	-	14%	0,023

Las barreras *B2 Falta de recursos financieros en la empresa*, *B6 Falta de conocimiento sobre los proveedores tecnológico*, y *B7 Requisitos de seguridad de tecnologías de la información exigentes (ciberseguridad)* obtuvieron una relación estadísticamente significativa con una diferencia de proporciones positiva correspondiente al 18%, 18% y 24%, respectivamente, para el consolidado de las MIPYME de Bucaramanga, lo cual indica que estas barreras se presentaron en mayor proporción en aquellas MIPYME que lograron una buena adopción tecnológica frente a aquellas empresas que no la lograron.

Esta misma condición se presentó para las MIPYME que pertenecen al sector de comercio, las cuales con una relación estadísticamente significativa obtuvieron una diferencia de proporciones positiva del 28% (B2) 32% (B6) y 35% (B7). Gracias a esto se logra concluir que, en las MIPYME de Bucaramanga que lograron un desempeño favorable en adopción de tecnologías, especialmente en aquellas que pertenecen al sector de comercio, la falta de recursos financieros, así como de conocimiento sobre proveedores tecnológicos y los requisitos exigentes de ciberseguridad son barreras que perciben como importantes.

Por otro lado, tanto las MIPYME de Bucaramanga como las que pertenecen al sector de servicios, perciben los *altos costos de la inversión tecnológica (B3)* como una barrera importante en una mayor proporción en aquellas MIPYME que lograron un buen nivel de adopción tecnológica, frente a aquellas con bajo nivel, pues la barrera B3 obtuvo una relación estadísticamente significativa con una diferencia de proporciones positiva para las MIPYME de Bucaramanga correspondiente al 22%, y para las MIPYME pertenecientes al sector de servicios equivalente al 21%. Lo anterior permite concluir que los altos costos en la inversión tecnológica son percibidos como una barrera significativa en las MIPYME de Bucaramanga que presentan altos estándares de adopción tecnológica, especialmente en aquellas que pertenecen al sector de servicios, a la hora de adoptar tecnologías en sus empresas.

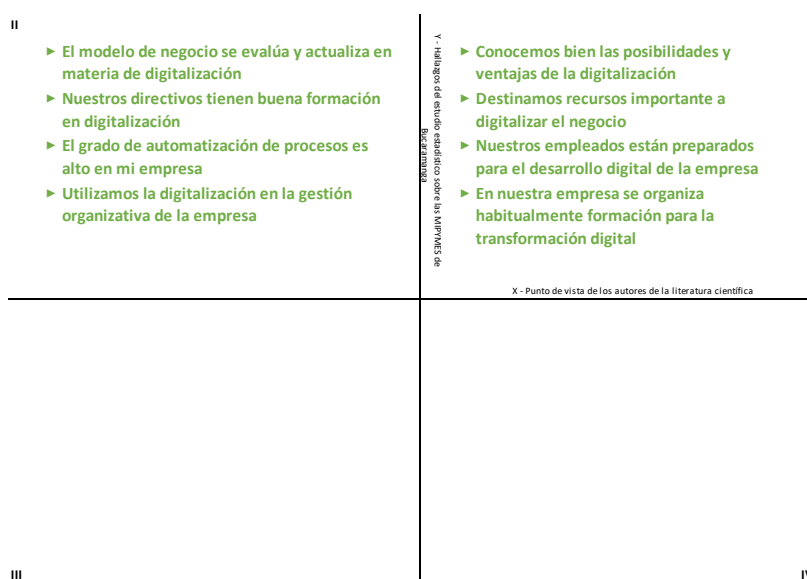
Las barreras *B5, Falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener, y B8, Falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital*, obtuvieron una relación estadísticamente significativa con una diferencia de proporciones positiva equivalente al 18% y 14%, respectivamente. Lo anterior permite concluir que, las MIPYME de Bucaramanga con mejores estándares en adopción tecnológica perciben la falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener, y la falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital como barreras importantes a la hora de lograr una buena adopción tecnológica.

### 3.3 Contraste entre los hallazgos de la revisión de literatura y las MIPYME

Se realizó un contraste entre las conclusiones halladas en la revisión sistemática de literatura científica y los resultados del estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga, respecto a la relación entre las estrategias y barreras a la digitalización y la adopción de tecnologías, utilizando un plano cartesiano para contrastar los resultados.

#### 3.3.1 Contraste entre los hallazgos de la revisión de literatura y el rol de las estrategias de digitalización en la adopción de tecnología

En la Figura 2 se presenta el plano cartesiano que permite contrastar el punto de vista de la literatura científica con los hallazgos del estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga (Santander, Colombia) frente al rol de las estrategias de digitalización en la adopción tecnológica.



**Figura 2.** Punto de vista de los autores de la literatura científica vs Hallazgos del estudio estadístico sobre las MIPYME de Bucaramanga, sobre la relación entre las estrategias de digitalización y la adopción tecnológica

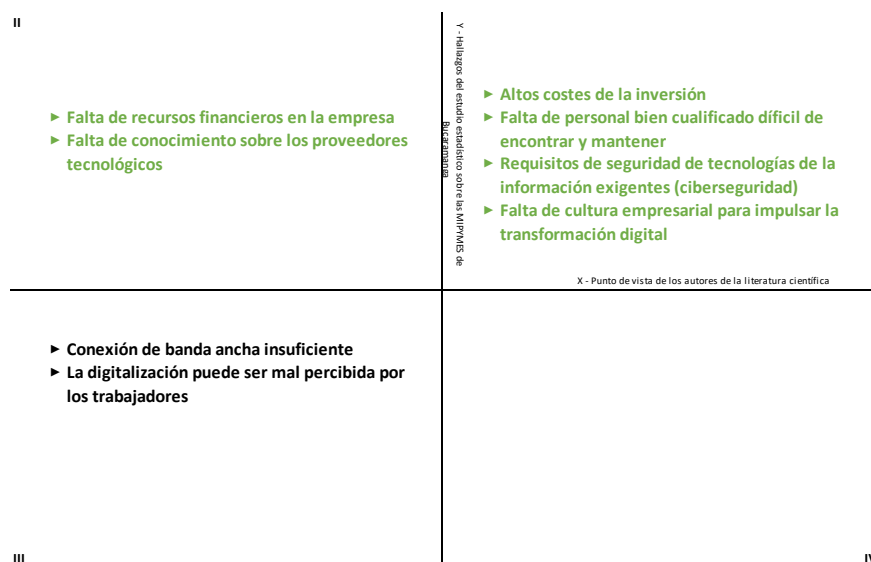
Llama la atención que según los hallazgos del estudio estadístico basados en la percepción de los empresarios de las MIPYME de Bucaramanga implementar todas las estrategias de digitalización propuestas en el instrumento de recolección de datos, beneficia en general la adopción de las diversas tecnologías de la industria 4.0 estudiadas.

De acuerdo con esto, tanto la literatura científica como los hallazgos del estudio estadístico sobre las MIPYME de Bucaramanga coinciden en que las siguientes estrategias a la digitalización son relevantes para la adopción de tecnologías al interior de las empresas: *E1, Conocemos bien las posibilidades y ventajas de la digitalización, E2, Destinamos recursos importantes a digitalizar el negocio, E4, Nuestros empleados están preparados para el desarrollo digital y E8, En nuestra empresa se organiza habitualmente formación para la transformación digital*, favorecen la adopción de la industria 4.0.

Mientras que los hallazgos del estudio estadístico sobre las MIPYME de Bucaramanga sugieren relevante la implementación de estrategias como evaluar y actualizar el modelo en materia de digitalización, contar con directivos con buena formación en digitalización, tener un grado de automatización alto de procesos en la empresa y utilizar la digitalización en la gestión organizativa de la empresa para favorecer la adopción tecnológica de la industria 4.0, los autores de la literatura científica consideraron estas relaciones no relevantes.

### 3.3.2 Contraste entre los hallazgos de la revisión de literatura frente a al rol de las barreras u obstáculos a la digitalización en la adopción de tecnología

En la Figura 3 se presenta el plano cartesiano que permite contrastar el punto de vista de la literatura científica con los hallazgos del estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga (Santander, Colombia) frente al rol de las barreras u obstáculos a la digitalización en la adopción tecnológica.



**Figura 3.** Punto de vista de los autores de la literatura científica vs Hallazgos del estudio estadístico sobre las MIPYME de Bucaramanga, sobre la relación entre las barreras u obstáculos de la digitalización y la adopción tecnológica

De acuerdo con esto, tanto los autores de la literatura científica como los hallazgos del estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga coincidieron en que barreras como altos costos de la inversión, falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener, requisitos de seguridad de tecnologías de información exigentes (ciberseguridad) y la falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital son barreras que afectan de manera significativa la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 al interior de las empresas.

Así mismo, los autores de la revisión de la literatura y los resultados del estudio estadístico consideran que la conexión de banda ancha insuficiente y el hecho de que la digitalización pueda ser mal percibida por los trabajadores no son barreras significativas para la adopción de las tecnologías 4.0 en la empresa.

Mientras que los resultados del estudio estadístico sugieren que la falta de recursos financieros en la empresa y la falta de conocimiento sobre los proveedores tecnológicos son barreras que obstaculizan la adopción de las tecnologías 4.0 en las MIPYME de Bucaramanga, los autores de la literatura científica encontraron que esas barreras no fueron relevantes para las MIPYME en otras regiones y países.

#### 4. CONCLUSIONES

A partir de la revisión sistemática de literatura en las bases de datos Science Direct y Ebscohost se concluye que las estrategias de digitalización que han incidido sobre la adopción tecnológica en las MIPYME de diferentes partes del mundo, siendo encontradas como estadísticamente significativas en por lo menos una publicación científica, son: E1. Conocemos bien las posibilidades y ventajas de la digitalización; E2. Destinamos recursos importantes a digitalizar el negocio; E4. Nuestros empleados están preparados para el desarrollo digital; E8. En nuestra empresa se organiza habitualmente formación para la transformación digital, y E9. Apoyo del gobierno para la digitalización de las empresas.

El estudio del comportamiento de las MIPYME de Bucaramanga (Santander, Colombia) a partir de la aplicación de un instrumento de recolección de datos diseñado y validado por el Observatorio Iberoamericano de las MIPYME a una muestra representativa de 311 empresarios, permitió a partir de la prueba de diferencia de proporciones concluir que los empresarios perciben que todas las estrategias de digitalización analizadas juegan un rol clave para la adopción tecnológica, siendo estas: E1. Conocer bien las posibilidades y ventajas de la digitalización, E2. Destinar recursos importantes a digitalizar el negocio, E3. Evaluar y actualizar el modelo de negocio se en materia de digitalización, E4. Contar con empleados preparados para el desarrollo digital de la empresa, E5. La buena formación en digitalización de los directivos, E6. Un alto grado de automatización de procesos, E7. La utilización de la digitalización en la gestión organizativa de la empresa y E8. La organización habitual de formación para la transformación digital.

Al contrastar el punto de vista de los autores de la literatura y los hallazgos del estudio estadístico sobre las MIPYME de Bucaramanga, se logra concluir que existe un acuerdo en relación con la importancia de las siguientes estrategias para la digitalización que favorecen la adopción de tecnologías: E1. Conocimiento de las posibilidades y ventajas de la digitalización, E2. Destinación de recursos importantes a digitalizar el negocio, E4. Preparación de los empleados para el desarrollo digital y E8. La organización habitual de formación para la transformación digital.

Asimismo, la revisión sistemática de literatura científica en las bases de datos permite concluir que las barreras u obstáculos a la digitalización que han afectado la adopción tecnológica en las MIPYME de diferentes partes del mundo, siendo encontradas como estadísticamente significativas en por lo menos una publicación científica, son: los altos costos de la inversión (B3), la falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener (B5), los requisitos de la ciberseguridad exigentes (B7) y la falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital (B8).

De otra parte, los hallazgos del estudio estadístico con la prueba de diferencia de proporciones aplicada a 311 MIPYME de Bucaramanga sugiere que las barreras a la digitalización percibidas por las empresas con más altos estándares de adopción tecnológica son: la falta de recursos financieros en la empresa (B2), los altos costos de inversión (B3), la falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener (B5), la falta de conocimiento sobre proveedores tecnológicos (B6), los requisitos de ciberseguridad exigentes (B7), y, la falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital (B8).

Al comparar el punto de vista de la literatura científica y los hallazgos del estudio estadístico de las MIPYME de Bucaramanga, se concluye que hay un acuerdo sobre la relevancia de las siguientes barreras a la digitalización, al afectar la adopción de tecnologías en las MIPYME: altos costos de la inversión, falta de personal bien cualificado difícil de encontrar y mantener, requisitos de seguridad de tecnologías de información exigentes (ciberseguridad) y la falta de cultura empresarial para impulsar la transformación digital. Así mismo, se concluye sobre la poca importancia para la adopción tecnológica de las siguientes barreras: la conexión de banda ancha insuficiente y el hecho de que la digitalización pueda ser mal percibida por los trabajadores.

## REFERENCIAS

- [1] Sieber S. et al. (2006). Los sistemas de información en la empresa actual. Aspectos estratégicos y alternativas tácticas. McGraw-Hill.
- [2] Garcia P. (2022). Digitalización, de opción a obligación. Recuperado: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/27896/TFG%20-%20TerroIn%20Garcila%2c%20Paula.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [3] Marulanda L. (2018). Retos y tendencias de la transformación digital para la empresa colombiana: Desafío de personas no de tecnología. Omega.
- [4] Ministerio de Trabajo. (2019). Colombia potencia de la vida. Recuperado: <https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2019/septiembre/mipymes-representan-mas-de-90-del-sector-productivo-nacional-y-generan-el-80-del-empleo-en-colombia-ministra-alicia-arango>
- [5] Cámara de Comercio de Bucaramanga. (2021). Producto Interno Bruto (PIB) Departamental Santander 2020. Camara de Comercio de Bucaramanga.
- [6] Tuan N. y Deng H. (2018). Critical determinants for mobile commerce adoption in vietnamese SMEs: A conceptual framework. *Procedia Computer Science* 138, 433 - 440.
- [7] Gupta H. y Kumar M. (2016). Identifying enablers of technological innovation for Indian MSMEs using best-worst multi criteria decision making method. *Technological Forecasting and Social Change* 107, 69-79.
- [8] Parhi S. et al. (2022). Factors affecting Industry 4.0 adoption – A hybrid SEM-ANN approach. *Computers & Industrial Engineering* 168.
- [9] Sobanke V. et al. (2014). Determinants of technological capability of firms in a developing country. *Procedia Engineering* 69, 991-1000.
- [10] Raut R. et al. (2017). Examining the critical success factors of cloud computing adoption in the MSMEs by using ISM model. *The Journal of High Technology Management Research* 28(2), 125-141.
- [11] Khanzode A. et al. (2021). Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in Micro, Small & Medium Enterprises. *Journal of Cleaner Production* 279.
- [12] Alessia T. et al. (2021). A survey study on Industry 4.0 readiness level of Italian small and medium enterprises. *Procedia Computer Science* 180, 774–753.

# Diseño y construcción de un sistema de extracción de fluidos supercríticos para la obtención de cannabinoides

James Alberto Marín Gómez<sup>1</sup>  
*EIA Equipos, Ingeniería y análisis, Colombia*

La extracción de bioactivos con fluidos supercríticos es una técnica innovadora y eficiente que ha ganado relevancia en Colombia en los últimos años. Este proceso revolucionario se ha convertido en un campo de investigación y aplicación de interés en el país debido a sus numerosas ventajas, en comparación con métodos tradicionales de extracción. La aplicación de esta técnica en el país se ha centrado principalmente en la obtención de bioactivos de alto valor en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética. Extracción que ha demostrado ser una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente, ya que no utiliza solventes químicos nocivos y permite obtener extractos de alta pureza sin residuos tóxicos, especialmente para aplicaciones de cannabis. En este contexto numerosos centros de investigación, universidades y empresas colombianas han invertido en la investigación y desarrollo de tecnologías relacionadas con la extracción con fluidos supercríticos. Esto ha llevado al descubrimiento y producción de compuestos bioactivos con propiedades terapéuticas, nutricionales y funcionales significativas, sin embargo, persiste la ausencia del desarrollo tecnológico de los equipos de extracción, ya que su importación genera gastos representativos en el inversionista. En este trabajo se presenta el diseño, construcción y automatización de este tipo de equipos, logrando costos 70% por debajo del costo de un equipo comercial, lo cual genera una oportunidad de comercialización y un escenario que complementa la agroindustria en general, especialmente del cannabis, mediante el acople de tecnologías innovadoras que permitan tener un producto de mayor valor agregado.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Químico y Magíster en Ingeniería Ambiental. Contacto: [james.marin@udea.edu.co](mailto:james.marin@udea.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, Colombia ocupa el segundo puesto en biodiversidad y está dentro de las 12 naciones más mega-diversas del planeta. Colombia al ser un país tropical cuenta con una gran variedad de especies que hacen de su riqueza natural un activo, en donde se han generado más de 600 empresas que trabajan y están relacionadas con este sector económico. Estos procesos, presentan unas características propias, en donde resalta las complejas composiciones de volátiles hidrofóbicos, productos del metabolismo secundario de las plantas, que presentan un alto valor comercial, debido a sus múltiples y especiales aplicaciones en la industria cosmética, farmacéutica, alimenticia, entre otras. Sin embargo, se debe tener en cuenta que su costo depende de su calidad o pureza.

Existen algunos métodos para obtener los aceites esenciales de las plantas, siendo la extracción por arrastre con vapor uno de los más utilizados; en donde es necesario asegurar una mayor superficie de contacto, por lo que en algunos casos se debe picar los vegetales, teniendo en cuenta que se pueden presentar pérdidas por la fricción y calor, además se pueden dar procesos colaterales como polimerización y resinificación de los terpenos, hidrólisis de ésteres y destrucción térmica de algunos componentes. Para el caso de las sustancias termolábiles, cuando se exponen a procesos de extracción severos y exhaustivos, se puede presentar su deterioro o desnaturalización [1]. Las dificultades inherentes a la producción de estos compuestos han llevado al desarrollo de tecnologías de extracción. Los métodos comúnmente utilizados son la extracción convencional líquido-líquido o sólido-líquido y los avanzados incluyen extracción líquido-presurizado, extracciones sub-críticas y supercríticas, y extracciones asistidas por microondas y ultrasonido [2, 3].

En la Tabla 1 se presenta un análisis comparativo de las tecnologías, las ventajas y desventajas que tiene cada método de extracción; los métodos tradicionales más utilizados tienen desventajas en cuanto a las impurezas, baja selectividad y no apta para compuestos termolábiles. Los métodos novedosos no presentan estas falencias, por el contrario, son bastantes ecológicos, veloces en la extracción y aplicables para diferentes matrices y compuesto. La principal desventaja es su alto costo para ambas tecnologías, pero la tecnología de extracción por fluidos supercríticos SFE presenta un grado de madurez alto y un extenso camino de trabajo e investigación en este campo [4].

**Tabla 1.** Ventajas y desventajas de diferentes métodos de extracción [5]

Método	Ventajas	Desventajas	Sugerencias
1. Extracción sólido-líquido	Comúnmente usado, de uso común	Posibilidades de impurezas. Introducción de errores analíticos.	Puede mejorar con una mejor elección de disolventes
2. Extracción de líquidos presurizados	Menos solvente, menos tiempo de extracción	No es adecuada para compuestos termolábiles	La configuración de la relación óptima de disolvente, la temperatura, la presión y el tiempo de extracción puede mejorar el método
3. Extracción por fluidos súper críticos	Método ecológico, se puede utilizar para compuestos termolábiles.	Alta inversión de capital. Requisito de alta presión.	La configuración de la presión óptima para la extracción puede reducir el costo de operación
4. Extracción asistida por ultrasonidos y microondas	Respetuoso con el medio ambiente. Reducción del uso de solventes. Tiempo de extracción reducido. Bueno para compuestos termolábiles	Falta de uniformidad en la distribución de la energía ultrasónica. Disminución de la potencia con el tiempo. Alto costo de capital, tecnología inmadura	La selección de frecuencia/potencia variada para equipos ultrasónicos para la distribución uniforme de energía puede reducir los requisitos de energía

Diferentes investigaciones han demostrado los beneficios considerables de SFE sobre las técnicas convencionales [6, 7]. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un excelente solvente que ha recibido especial atención en SFE por ser químicamente inactivo, económico, de fácil acceso, separable de extractos, no tóxico y es un solvente de grado alimenticio aprobado [8]. El CO<sub>2</sub> supercrítico es un solvente no polar que se usa en este proceso debido a sus propiedades gas/líquido, a baja temperatura y presión críticas, y tiene la selectividad y potencialidad para extraer compuestos sensibles al calor [9]. Logrando extraer bioactivos con propiedades antimicrobianos, antioxidantes, antisépticos [10, 11], antibacterianos, antifúngicos [12], antivirales,



antiinflamatorios [13], antitumorales [14], antiobesidad, anticolinesterásicos, fagocíticos y terapéuticos [15]. Autores como Cadena et al. [12] e Icen et al. [16] han extraído cafeína a unas condiciones entre 150-300 bares y 50-70°C obteniendo alta eficiencia y selectividad para este compuesto.

Por parte de la extracción de aceites esenciales (terpenos o terpenoides) existen innumerables publicaciones, como la de Shahsavarpour et al. [17] que extrajo el aceite de la menta entre 85-120 bares y 38-50°C y Conde et al. [18] extrajo aceite de romero a unas condiciones entre 103-172 bares y 40-50°C. Otro grupo de compuestos de interés son los fenólicos, de los cuales Vardanega et al. [19] extrajo tocotrienoles de achiote entre 100-240 bares y temperaturas entre 40-60°C y Benito et al. [20] obtuvo tocoferoles de quínoa a unas condiciones entre 200-400 bares y 40-60°C. Otro extracto importante son los cannabinoides, donde Perrotin et al. [21] encontraron que estos compuestos decrecen su solubilidad con el CO<sub>2</sub> en el siguiente orden  $\Delta^9$ -THC < CBG < CBD < CBN; Kitrytè et al [22] evaluaron condiciones de extracción de cannabinoides entre 35-70°C y 100-500 bares, encontrando el mejor punto a 70°C y 465 bares, donde se genera un extracto con un 99% de cannabinoides presentes y Attard et al. [23] sugiere 350 bar y 50°C como condiciones operativas para realizar la extracción supercrítica de ceras y CBD a partir de desechos de Cannabis sativa L.

Un extractor por fluidos supercríticos consta de: 1. Compresor; 2. Tanque de CO<sub>2</sub>; 3. Serpentín de acero inoxidable; 4. Baño de enfriamiento; 5. Bomba de fluido accionada por aire; 6. Válvulas; 7. Manómetros; 8. Recipiente de extracción; 9. Recipiente separador; 10. Baño María; 11. Calentador de fibra de vidrio del sistema centralizado; 12. Medidor de flujo, como se presenta en la Figura 1.

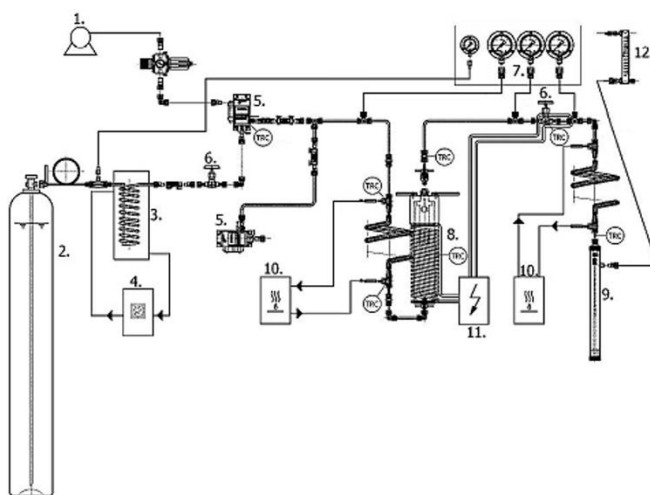


Figura 1. Configuración típica de extractor de fluidos súper-críticos [24]

Actualmente, en Colombia no existen empresas especializadas en el manejo de equipos de alta presión y temperatura que satisfagan los requerimientos de la industria y de la academia. Proveedores internacionales de equipos e insumos para la extracción con fluidos supercríticos, como Swagelok (EEUU) [25], Greenmill (EEUU) [26], SFE (UK) Careddi (CN) [27], JODA tech (CN) Natex (AUT) y Deheerbv (GER), ofrecen sus productos en valores que van desde los 30.000 US a los 100.000 US o más, inversión considerable, más aun teniendo en cuenta la gran devaluación que ha tenido nuestra moneda en los últimos 10 años, que en efectos prácticos un equipo de 10.000 US en 2012 podía costar en Colombia unos 17.9 millones de pesos (TRM 1,797.79 COP) mientras que hoy el mismo equipo pero con un valor de 12.000 US [28] puede valer en moneda colombiana unos 46.8 millones de pesos (TRM 3900 COP) [29]. Estos motivos han hecho que muchos de los proyectos de extracción y utilización de productos naturales, basen sus metodologías en procesos alternos más económicos, tecnológicamente asequibles, pero mucho más perjudiciales como lo es la extracción con solventes.

En este trabajo se propone el diseño y construcción de un equipo por extracción de fluidos súper-críticos. Para esto al final, se presentarán costos de insumos de construcción y se comparará con los equipos de este tipo comerciales a nivel mundial, demostrando una viabilidad económica y un potencial mercado a nivel latinoamericano que además puede apoyar y complementar otras industrias agro-industriales.

## 2. MÉTODO

La construcción de los extractores de fluidos supercríticos tiene un grado de complejidad que se enlaza por las altas presiones de trabajo a las que es sometido el sistema, además de manejar un preciso control de temperatura que se debe asegurar durante todo el proceso de extracción. Las partes esenciales de estos equipos son: 1) tanque de almacenamiento de CO<sub>2</sub>, 2) intercambiadores de calor para enfriar o calentar el sistema, 3) sistema para inyectar a alta presión el CO<sub>2</sub>, d) cámara extractora donde el fluido supercrítico pasa a través de la materia prima disolviendo y arrastrando las componentes de interés, e) cilindro separador y f) accesorios de válvulas, termocuplas, sensores de presión, tuberías y sistemas electrónicos de control.

Dentro de esta metodología lo que se busca es montar un sistema económico frente a los ofertados en el mercado comercialmente. A continuación, se describe con mayor amplitud la metodología a seguir.

### 2.1 Diseño del cilindro extractor

Debido a los errores de diseño y fabricación que usualmente muestran los recipientes a presión y tanques atmosféricos y a consecuencia de los inconvenientes que ellos impulsan consigo desde: simples reparaciones, hasta fallas trágicas que involucran elevados costos y lo más importante vidas humanas, es fundamental seguir los algoritmos y ecuaciones que se han utilizado durante años para la construcción de un recipiente a presión, y poder reducir en lo posible errores que los trasladarían directamente a un sin número de fallas simples y complejas. Para eso se utiliza la Ecuación (1), que se utiliza para recipientes a presión interna y en función de ciertos parámetros ya definidos se calcula un espesor de nuestro recipiente a alta presión.

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad (1)$$

P= Presión de diseño o presión máxima permitida (psi)

S= Valor de esfuerzo del material (psi)

E= Eficiencia de junta

R= Radio interno (mm)

D= Diámetro interior (mm)

t= espesor de pared (mm)

### 2.2 Diseño del sistema de compresión de CO<sub>2</sub>

Las bombas de flujo de pistón se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde la transferencia de líquidos y gases en procesos industriales hasta la inyección de combustible en motores de combustión interna y la compresión de gases en aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración. Las bombas de flujo de pistón se pueden clasificar en dos tipos principales: las bombas de pistón de desplazamiento positivo y las bombas de pistón rotativas. Las bombas de pistón de desplazamiento positivo utilizan un pistón para comprimir y desplazar el líquido o gas, mientras que las bombas de pistón rotativas utilizan dos o más pistones que giran en torno a un eje central para desplazar el líquido o gas.

Una de las ventajas de las bombas de flujo de pistón es su capacidad para proporcionar un flujo de líquido o gas constante y uniforme, incluso a altas presiones. Sin embargo, también pueden ser más costosas y requerir más mantenimiento que otros tipos de bombas. El sistema de alimentación flujo pistón tiene como objetivo transformar aire comprimido de baja presión en líquido a alta presión. El flujo de este líquido se regula mediante el llenado de un volumen en intervalos de tiempo precisos, gestionados a través de un PLC que se programara para su control.

### 2.3 Diseño de sistema de calentamiento

Se evaluarán las zonas que requieran enfriamiento y calentamiento, las condiciones de trabajo y se adquirirán sensores y resistencias para que cumplan estas condiciones.

## 2.4 Cálculo de valor del equipo final

Teniendo presente los insumos utilizados para el sistema en donde acoge desde las piezas metalmecánicas, recipientes, sensores, control y automatización, se sumarán para dar un valor al equipo final. Se registrarán sus condiciones y capacidad final para ser comparado con otros equipos en el mercado.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Diseño del cilindro extractor

Posterior a los cálculos obtenidos para el diseño de extractor a alta presión, se decide adquirir un cilindro comercial de la marca Swagelok, el cual presenta unas dimensiones que resisten 20000 PSI o más de 1200 bares, el cual se presenta en la Figura 2.

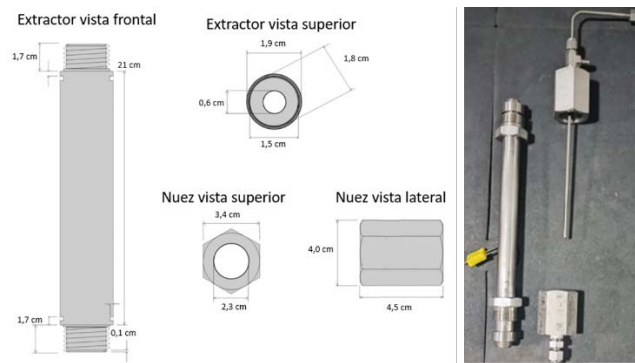


Figura 2 Dimensiones del reactor extractor de bioactivos planteado y adquirido

### 3.2 Diseño del sistema de compresión de CO<sub>2</sub>

#### 3.2.1 Programación y control del sistema de alimentación de CO<sub>2</sub>

La programación del PLC Logo se realizó utilizando el software LogoSoft Comfort versión 8.3 y un lenguaje de programación basado en compuertas lógicas. La programación consta de dos partes distintas:

1. Control ON-OFF de la válvula: En la Figura 3a se muestra el diagrama de flujo correspondiente a este programa.
2. Programación de rampas de encendido y apagado: En este programa, se permite al usuario ingresar los tiempos de encendido y apagado deseados para la bomba de aire. El código correspondiente a esta funcionalidad se muestra en el diagrama de la Figura 3b.

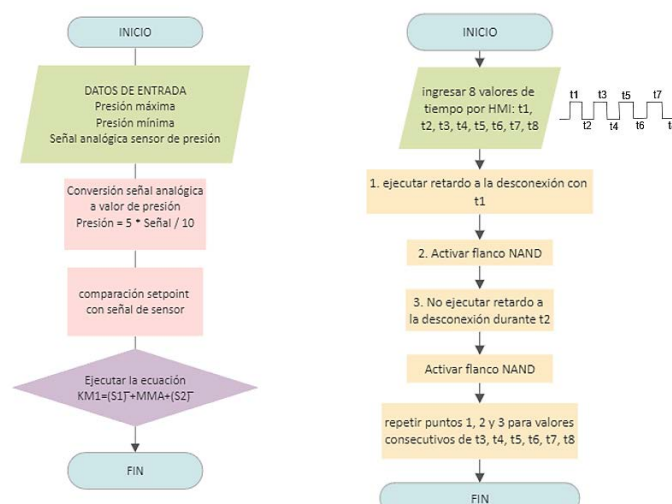


Figura 3. a) Control ON-OFF de la válvula, b) Programación de rampas de encendido y apagado

Para implementar el control de la válvula, se realizó una tabla de verdad (Tabla 2) con el fin de definir la ecuación de control de Karnaugh.

**Tabla 2.** Tabla de verdad ecuación de control Karnaugh.

KMA	S1	S2	KM1
Estado actual de bomba	Presión mínima	Presión máxima	Estado futuro de la bomba
0	0	0	1
0	0	1	incongruente
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	1	incongruente
1	1	0	1
1	1	1	0

La presión mínima B es 0 cuando el valor del sensor está por debajo del valor mínimo ingresado por el usuario, se vuelve 1 cuando supera ese valor. La presión máxima C es 0 cuando el valor del sensor está por debajo del valor máximo ingresado por el usuario y se vuelve 1 cuando es mayor o igual. El mapa de Karnaugh obtenido se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Mapa de Karnaugh obtenido

KMA/S1 S2	00	01	11	10
0	1	x	0	0
1	1	x	0	1

Y la ecuación (2) de control obtenida es:

$$KM1 = \overline{S1} + KMA + \overline{S2} \quad (2)$$

Es decir, el estado futuro de la bomba, ON u OFF, es igual a la negación del estado S1 OR el estado actual KMA AND la negación del estado S2.

### 3.2.2 Caracterización del sensor de presión

Se debe configurar la entrada de señal del PLC para recibir la información de la presión del proceso. Esto se puede hacer mediante un sensor de presión (Figura 4) que detecte la presión del proceso y envíe la información al PLC. Se adquirieron sensores de presión con rangos entre los 100 y 500 bares, los cuales se han calibrado mediante un sistema de comparación hidrostática. El sistema permite generar una curva de calibración de varios puntos, para así desarrollar una función que permite la correcta correlación de la señal del sensor con la presión que se tiene en el sistema.



**Figura 4.** Sensor de presión de 0-500 bar y sistema de calibración hidrostática digital hasta 700bar

La regresión lineal que relaciona la señal analógica leída por el PLC versus el valor real de presión. Para eso se usó un calibrador de presión (referencia). Los resultados de esta calibración se muestran en la Figura 5. La ecuación encontrada es  $Presión = 0,5 * señal\ PLC + 0,9$ , pero dado que el PLC no recibe números decimales, se replantea la ecuación (3).

$$Presión = \frac{5 * señal\ PLC}{10} + 1 \quad (3)$$

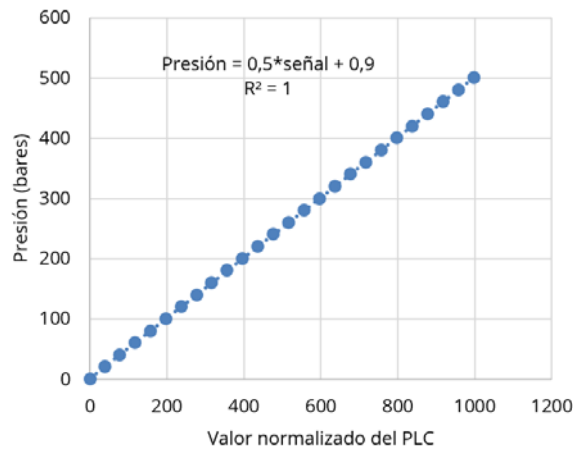


Figura 5. Curva de calibración sensor de presión

### 3.2.3 Programación del controlador PID

Se debe programar el controlador PID en el PLC para que calcule la señal de control en función de la diferencia entre la presión actual del proceso y el setpoint deseado (Figura 6). Esto se puede hacer mediante la programación de la ecuación de control PID en el lenguaje de programación del PLC.

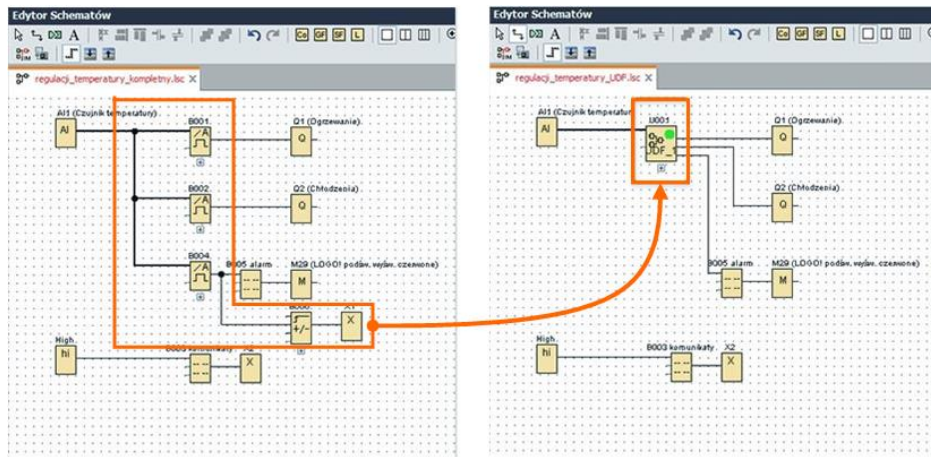


Figura 6. Esquema de programación de la válvula flujo

### 3.2.4 Ajuste del controlador PID

Se debe ajustar los parámetros del controlador PID para optimizar el rendimiento del sistema. Esto se puede hacer mediante la prueba y ajuste de los coeficientes P, I y D para lograr una respuesta rápida y estable del sistema.

### 3.2.5 Sistema de alimentación con bomba flujo pistón

Un sistema neumático de alimentación tiene como objetivo aumentar la presión de un fluido o gas en un sistema. En la Figura 7 se muestra un esquema de funcionamiento.

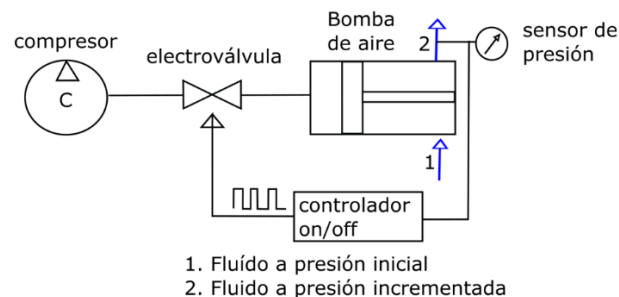
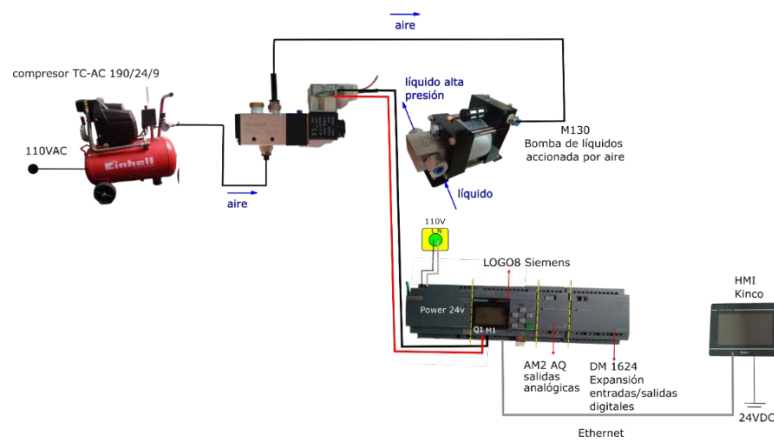


Figura 7. Sistema de alimentación neumático con bomba de aire de pistón

Para lograr este aumento de presión, se utiliza una bomba de aire tipo pistón compuesta por un cilindro con un pistón móvil en su interior. El movimiento del pistón es controlado por una electroválvula que regula el paso de aire, y esta a su vez recibe señales digitales on-off enviadas por un PLC de acuerdo con la medida de un sensor de presión. El pistón se desplaza hacia atrás y hacia adelante mediante un mecanismo de accionamiento. Al moverse hacia atrás, crea un vacío parcial en el cilindro, permitiendo la entrada de aire o gas. Al moverse hacia adelante, comprime el fluido en el cilindro, aumentando así su presión. Este mecanismo se empleará en la generación de alta presión de CO<sub>2</sub> líquido.

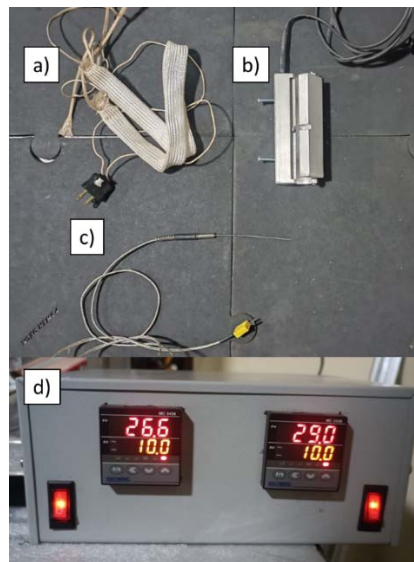
La configuración del sistema se esquematiza en la figura 8. Como se evidencia, se deja escapar aire del compresor Einhell TC-AC 190/24/8 de 1100W con presión máxima de funcionamiento de 8 bares. Este paso de aire es controlado por una electroválvula 5/2, es decir, 5 puertas dos posiciones que se configuró para funcionar específicamente como válvula solenoide de dos vías. Su función es permitir o bloquear el paso del aire que alimenta la bomba de líquidos de la marca Sun, modelo M130 serie 4V20. El control de la bomba se lleva a cabo mediante el uso del controlador PLC LOGO8 (Siemens), el cual se integra con una interfaz de usuario HMI Kinco



**Figura 8.** Configuración del sistema de alimentación neumática

### 3.2.6 Diseño de sistema de calentamiento

Se identificaron dos zonas de calentamiento en este proceso. La primera se presenta en la zona de extracción, utilizando una camisa metálica y maquinada a la medida del cilindro extractor, con una resistencia que permite un calentamiento conductivo uniforme. Segundo en la válvula de liberación del extracto, debido al cambio de fase del CO<sub>2</sub> se da una disminución abrupta de la temperatura, por lo tanto, se acoplo una cinta flexible de calentamiento en la válvula, permitiendo la liberación total de los productos y evitando un taponamiento en esta zona. Los accesorios y el sistema de control se observan en la Figura 9.



**Figura 9.** a) resistencia flexible, b) horno de calentamiento, c) termocupla, y d) sistema de control de las resistencias

### 3.3 Cálculo de valor del equipo final

Los costos del equipo se realizaron en función al prototipo funcional con que se cuenta. Hay algunos ítems que se pueden obviar en el futuro y puede ayudar a disminuir el precio. Además, el equipo y sus accesorios están diseñados para resistir y controlar hasta 500 bares, en muchos casos los equipos no llegan a esas condiciones (máximo 250 bares) y se pueden reducir especificaciones de este, abaratando el precio final. En la Tabla 4 se presentan estos valores sin tener en cuenta el costo de ganancia.

**Tabla 4.** Costos de los insumos adquiridos para el equipo

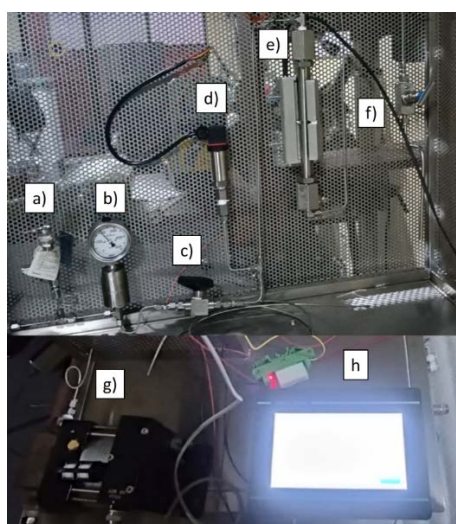
Ítem	Cantidad	Valor (COP)	Total
Compresor	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
Tanque de CO <sub>2</sub>	1	\$ 135.000	\$ 135.000
Tanque de aire	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Válvula de seguridad	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Manómetro	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Recipiente extractor	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
Válvula de aguja	1	\$ 350.000	\$ 350.000
Sensor presión digital	1	\$ 230.000	\$ 230.000
Sensores temperatura	2	\$ 100.000	\$ 200.000
Manta de calentamiento flexible	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Resistencia y bloque de calentamiento extractor	1	\$ 450.000	\$ 450.000
PLCs	1	\$ 6.000.000	\$ 6.000.000
Acoples y racores	1	\$ 300.000	\$ 300.000
Mano de obra (10%)	1	\$ 1.778.500	\$ 1.778.500
		Total	\$ 19.663.500

En la Tabla 5 se presenta un comparativo de precios, en donde se observa una diferencia bastante apreciable entre los equipos automatizados y el presentado en este trabajo.

**Tabla 5.** Comparativo de costos de equipos de extracción SFE

Equipo	Comercial II	Comercial III	SFE 0,1L	SFE 0,1L	Propio
Volumen de extractor	100ml	100 ml	100ml	100ml	10ml
Co solvente	aplicable	aplicable	aplicable	aplicable	aplicable
Operación	Automático	Manual	Manual	Manual	Automático
Precio (COP)*	\$ 199.739.700	\$ 135.894.500	\$ 49.113.900	\$ 65.345.800	\$ 19.663.500

Actualmente, se está adecuado el equipo para obtener un cilindro extracto de 100ml y sumaría un costo aproximado de 4 millones adicional al presentado en esta tabla, mostrando una gran competencia con los ofertado para importar. En la Figura 10 se observa el equipo funcional de extracción de fluidos súper-críticos el cual ha sido utilizado para extraer diferentes bioactivos naturales y se encuentra listo para empezar a extraer cannabinoides.



**Figura 10.** Sistema diseñado y construido de extracción de fluidos supercríticos

#### 4. CONCLUSIONES

Actualmente, estamos inmersos en un renacimiento de todo lo relacionado con los productos naturales y la obtención de bioactivos para el beneficio humano como son los cannabinoides. Además, la importancia económica y agro- industrial, permite que se desarrollen prototipos a pequeña escala como el construido en el presente trabajo, que permitirá seguir investigando a profundidad el desarrollo de nuevos equipos y tecnologías para la obtención de estos.

El uso de una bomba flujo pistón presenta una alternativa bastante interesante ya que se pueden eliminar una zona de enfriamiento y otra de calentamiento como lo plantean otros autores.

El control automático sobre la presión presenta buena estabilización con la bomba flujo pistón, evitando problemas de exceso de presión derivados de un incorrecto control manual.

El calentamiento con una camisa metálica presento muy buena estabilización además de evitar puntos calientes que puedan afectar el bioactivo de interés y tener un producto de excelente calidad.

El software desarrollado se ha validado, mostrándose libre de fallos, no encontrándose cuelgues del programa durante las extracciones realizadas y presentando una funcionalidad óptima.

El sistema desarrollado de extracción con automatización presente un valor económico significativamente menor que los otros ofertado en el mercado, representado así una importante competitividad para comercializarlo sino también una oportunidad para impulsas el sector agroindustrial como el cannábico que le permite acceder a nuevas tecnologías poco conocidas.

#### **Reconocimientos**

Los autores agradecen a la Dirección de transferencia y uso del conocimiento MINCIENCIAS como fuente de financiación de este proyecto, en el marco de la Convocatoria fomento a la innovación y desarrollo tecnológico en las empresas - Modalidad 2, contrato No. 200.2022.



## REFERENCIAS

- [1] Ortiz F. y Mejía H. (2021). Extracción de aceites esenciales de sustratos vegetales termolábiles mediante arrastre con solventes orgánicos. Universidad de Antioquia.
- [2] Joana G. et al. (2013). Technologies for extraction and production of bioactive compounds to be used as nutraceuticals and food ingredients: An overview. *Compr. Rev. Food. Sci. Food. Saf.* 12(1), 5–23.
- [3] Lemes A. et al. (2021). Biological approaches for extraction of bioactive compounds from agro-industrial by-products: A review. *Front Bioeng Biotechnol* 9.
- [4] Wrona O. et al. (2017). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds from plant materials. *J AOAC Int.* 100(6), 1624–1635.
- [5] Ajila C. et al. (2011). Extraction and analysis of polyphenols: recent trends. *Crit. Rev. Biotechnol.* 31(3), 227–249.
- [6] Azmir J. et al. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *J. Food Eng.* 117(4), 426–436.
- [7] Ae K. et al. (2016). Novel eco-friendly techniques for extraction of food based lipophilic compounds from biological materials. *Nat. Prod. Chem. Res.* 4(1–7).
- [8] Zhang Q. et al. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Medicine (United Kingdom)* 13(1), 1–26.
- [9] Uwineza P. y Waśkiewicz A. (2020). Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. *Molecules* 25(17).
- [10] Facchini P. (2001). Alkaloid biosynthesis in plants: Biochemistry, cell biology, molecular regulation, and metabolic engineering applications. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol.* 52, 29–66.
- [11] Ellington E. et al. (2003). Supercritical carbon dioxide extraction of colchicine and related alkaloids from seeds of *Colchicum autumnale* L. *Phytochem Anal* 14(3), 164–169.
- [12] Cadena S. et al. (2019). Biological activity of extracts from guayusa leaves (*Ilex guayusa* Loes.) obtained by supercritical CO<sub>2</sub> and ethanol as cosolvent. *J. Supercrit. Fluids.* 152, 104543.
- [13] Christaki E. et al. (2012). Aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agriculture* 2(3), 228–243.
- [14] Ribeiro D. et al. (2019). Analysis of the antitumor activity of bioactive compounds of Cannabis flowers extracted by green solvents. *J. Supercrit. Fluids* 149, 20–25.
- [15] Ruan X. et al. (). Extraction of total alkaloids, peimine and peiminine from the flower of *Fritillaria thunbergii* Miq using supercritical carbon dioxide. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization* 18, 283–293.
- [16] Içen H. y Gürü M. (2010). Effect of ethanol content on supercritical carbon dioxide extraction of caffeine from tea stalk and fiber wastes. *J. Supercrit Fluids* 55(1), 156–160.
- [17] Shahsavarpour M. et al. (2017). Extraction of essential oils from *Mentha spicata* L. (Labiatae) via optimized supercritical carbon dioxide process. *J. Supercrit Fluids* 130, 253–260.
- [18] Conde L. et al. (2013). CO<sub>2</sub>-supercritical extraction, hydrodistillation and steam distillation of essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*). *J. Food. Eng.* 200, 81–86.
- [19] Vardanega R. et al. (2019). Selective extraction of bioactive compounds from annatto seeds by sequential supercritical CO<sub>2</sub> process. *J. Supercrit Fluids* 150, 122–127.
- [20] Benito O. et al. (2018). Supercritical carbon dioxide extraction of quinoa oil: Study of the influence of process parameters on the extraction yield and oil quality. *J. Supercrit Fluids* 139, 62–71.
- [21] Perrotin H. et al. (2010). Solubility of non-psychoactive cannabinoids in supercritical carbon dioxide and comparison with psychoactive cannabinoids. *J. Supercrit Fluids* 55(2), 603–608.
- [22] Kitryté V. et al. (). Biorefining of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) threshing residues into cannabinoid and antioxidant fractions by supercritical carbon dioxide, pressurized liquid and enzyme-assisted extractions. *Food Chem.* 267, 420–429.
- [23] Attard T. et al. (2018). Utilisation of supercritical fluids for the effective extraction of waxes and Cannabidiol (CBD) from hemp wastes. *Ind. Crops. Prod.* 112, 38–46.
- [24] Horvat G. et al. (2017). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction pilot plant design - towards IoT integration. *Tehnicki Vjesnik* 24(3), 925–934.
- [25] Swagelok.com. (2022). La fuente de suministro de racores, válvulas y otros componentes para sistemas de fluidos. Recuperado: [https://www.swagelok.com/es/?gclid=Cj0KCCQjw-JyUBhCuARIsANUqQ\\_LkkEj\\_0IGgEHwm6lQ3RCXRdp5-PKaKDH4inzXFPcp2kY4eCWbS\\_q4aAgsGALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://www.swagelok.com/es/?gclid=Cj0KCCQjw-JyUBhCuARIsANUqQ_LkkEj_0IGgEHwm6lQ3RCXRdp5-PKaKDH4inzXFPcp2kY4eCWbS_q4aAgsGALw_wcB&gclsrc=aw.ds)
- [26] Green Mill Supercritical. (2022). Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction System. Recuperado: <https://www.greenmillsupercritical.com/the-sfe-pro>
- [27] Careddi. (2022). Supercritical CO<sub>2</sub> extraction machine. Recuperado: <http://www.careddi.com>
- [28] Media T. y H. Financ. (2022). Inflación histórica Estados Unidos IPC. *Inflation.eu*
- [29] DolarWEB. (2022). Dólar histórico desde 1923 en Colombia. Recuperado: <https://dolar.wilkinsonpc.com.co/dolar-historico/index.html>

# Fabricación de apósitos de ácido Poli (L-Láctico) de alto peso molecular mediante electrohilado susceptibles a ser utilizadas en personas que han sufrido un accidente de tránsito en Colombia

José Peñaranda-Armbrrecht<sup>1</sup>

Mario José Correa-Quiceno<sup>2</sup>

Jennifer Alejandra Castellanos-Garzón<sup>3</sup>

Héctor Fabio Zuluaga-Corrales<sup>4</sup>

*Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia*

Desde el año pasado y hasta el momento, en Colombia se han registrado 62.440 lesionados por accidentes de tránsito. Por cada persona que muere de esta manera otras siete resultan lesionadas en eventos similares. Esta situación demanda soluciones de tratamiento de lesiones, como la implantación de biodispositivos celularizados que coadyuven en la reparación de los tejidos comprometidos y disminuyan el tiempo de recuperación de las personas afectadas, eliminando la cirugía adicional que implica la implantación de prótesis o injertos como se viene realizando en la actualidad. En concordancia con lo anterior, el objeto de esta investigación es sintetizar ácido poli (L-Láctico) de alto peso molecular mediante la vía de la polimerización por apertura de anillo ROP y, posteriormente, fabricar, mediante electrohilado, apósitos que se sometieron a pruebas de citotoxicidad y pruebas *in vitro* de crecimiento celular de fibroblastos de piel humana. Se obtuvieron resultados satisfactorios que posibilitan su potencial uso en el corto y mediano plazo para atender personas que hayan sufrido algún tipo de trauma por accidente de tránsito.

---

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias biomédicas. Contacto: [jpenaranda@uceva.edu.co](mailto:jpenaranda@uceva.edu.co)

<sup>2</sup> Estudiante de Doctorado en Ciencias biomédicas. Contacto: [mcorrea@uceva.edu.co](mailto:mcorrea@uceva.edu.co)

<sup>3</sup> Doctora en Ciencias biomédicas. Contacto: [jacastellanos@uceva.edu.co](mailto:jacastellanos@uceva.edu.co)

<sup>4</sup> Doctor en Ciencias químicas. Contacto: [hector.zuluaga@correounivalle.edu.co](mailto:hector.zuluaga@correounivalle.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se han diseñado, fabricado y procesado muchos biomateriales con el fin de aplicarlos en el campo médico. La ingeniería de tejidos ha hecho posible el desarrollo de andamios sintéticos que, mediante la incorporación de células y sustancias bioactivas procedentes del mismo paciente, o aislados de otras especies, podrían estimular la reparación de defectos óseos críticos mediante una actividad osteoinductora. Los tamaños críticos de defecto deben manejarse con injertos óseos tomados del mismo paciente (autólogos), pero esto requiere disponibilidad de un sitio donante, además se aumentan los costos y complejidad del procedimiento. Dados los traumas y riesgos concomitantes por cada intervención quirúrgica, se hace necesaria la búsqueda urgente de polímeros biodegradables y, a la vez, compatibles con el cuerpo humano [1].

Estos polímeros biodegradables son definidos como polímeros que son degradados o catabolizados, eventualmente a dióxido de carbono y agua, mediante microorganismos como bacterias, hongos, etc., bajo condiciones ambientales específicas; sin embargo, cuando son degradados, no deben generar sustancias perjudiciales para el medio en donde se encuentran implantadas. Los polímeros biodegradables son clasificados en tres categorías principales [2]:

1. Poliésteres producidos por microorganismos
2. Polisacáridos naturales y otros biopolímeros
3. Polímeros sintéticos, particularmente los ésteres alifáticos

Los poliésteres producidos por microorganismos son derivados de recursos renovables como almidón y grasas y son completamente degradados en suelos, ríos y océanos. Pero de éstos no hay una buena producción industrial y son muy costosos [2].

Los polímeros naturales basados en polisacáridos naturales, particularmente almidón, pueden ser producidos a bajo costo y a escala industrial. Los polisacáridos no poseen plasticidad, estos son utilizados frecuentemente después de una modificación química como matrices con un polímero sintético biodegradable. Sin embargo, estas combinaciones entre un polímero natural y uno sintético son limitadas. En este sentido, los polímeros sintéticos biodegradables tienen una gran ventaja, debido a que con éstos se pueden diseñar y sintetizar materiales con propiedades mecánicas deseables para la producción en masa. Debido estas ventajas del PLLA en biomedicina, actualmente se está desarrollando un proyecto que involucra el Departamento de Química de la Universidad del Valle encaminado a la generación de matrices poliméricas y bloques porosos de PLLA como matriz de relleno para crecimiento celular *in vitro*.

La finalidad de este estudio fue optimizar la síntesis de L-Lacturo L-Lc, dímero cíclico del PLLA, para la posterior polimerización por apertura de anillo ROP a PLLA con diferentes pesos moleculares y realización de pruebas de electrohilado tendientes a obtener matrices fibrosas para el crecimiento celular *in vitro*.

## 2. MÉTODO

La fabricación de los apósitos de PLLA y su fabricación se llevaron a cabo en el laboratorio de química SIMERQO de la Universidad del Valle.

### 2.1 Síntesis de PLLA de bajo peso molecular (oligómero)

La síntesis del oligómero de PLLA se llevó a cabo agregando 40 mL de ácido L-(+) Láctico (Scharlau) (AL) a el balón de fondo redondo de 200 mL de un equipo de destilación al vacío, previamente secado (Figura 1); se procedió a calentar a 160°C con agitación constante de 110 rpm. Una vez se alcanzó 75°C se iniciaron rampas de vacío cada cinco minutos durante tres horas. Una vez se observó que el agua no siguió saliendo del equipo de destilación se procedió a dejar enfriar hasta temperatura ambiente, obteniéndose un líquido completamente transparente, incoloro y muy viscoso, rico en PLLA de bajo peso molecular, como se muestra en la Figura 2.



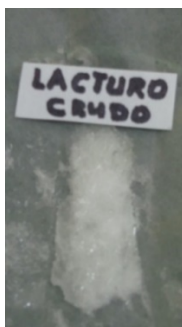
**Figura 1.** Montaje del equipo de destilación al vacío para la obtención del oligómero de PLLA



**Figura 2.** Oligómero de PLLA obtenido mediante policondensación

## 2.2 Síntesis del Lacturo Lc crudo

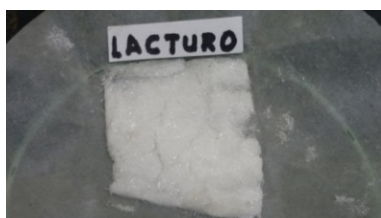
El oligómero obtenido se agregó junto con 0,2 g de cloruro de estaño dihidratado ( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en el balón de 200 mL del equipo de destilación al vacío del paso anterior y se calentó a  $220^\circ\text{C}$  aplicando un vacío de 100 mbar durante 5 horas. El sistema se dejó reposar y enfriar obteniéndose en las paredes del condensador un gramo de sólido blanco de Lc, como se muestra en la Figura 3. Esta síntesis se optimizó en repetidas ocasiones hasta obtener un rendimiento de 55,20% de Lc crudo.



**Figura 3.** Lacturo obtenido de la destilación en vacío del oligómero de PLLA

## 2.3 Recristalización y Purificación del Lc obtenido

Se pesaron 18,74 g de Lc a recristalizar en un beaker de 100 mL, se le agregó acetato de etilo en relación 1:2 respecto al peso del Lc; se llevó a calentamiento a  $60^\circ\text{C}$  bajo agitación constante hasta su total disolución; acto seguido la solución disuelta transparente se puso en baño de hielo hasta lograr buena precipitación y por filtración al vacío se obtuvo el Lc puro, como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** Lacturo recristalizado

## 2.4 Síntesis de PLLA de alto peso molecular mediante ROP del Lc

Se colocaron 2,0 g de Lc puro, 13,84  $\mu\text{L}$  de  $\text{Sn}(\text{Oct})_2$  en ausencia de solventes y 220,04  $\mu\text{L}$  de 1-octanol en un balón de fondo plano de 50 mL, éste se tapó con un tapón de caucho y se le agregó argón mediante la inserción de una jeringa de 5 mL al tapón, como se muestra en la Figura 5; durante 96 h hasta obtener PLLA de alto peso molecular



Figura 5. Montaje para la síntesis de PLLA de alto peso molecular

El PLLA de alto peso molecular se dejó enfriar endureciéndose dentro del balón. Para poder retirar el PLLA del balón se disolvió con la mínima cantidad posible de cloroformo y una vez disuelto, se precipitó con metanol. Este PLLA precipitado fue almacenado en desecador hasta su uso.

## 2.5 Electrohilado del PLLA obtenido

Antes de realizar el electrohilado del PLLA obtenido, se optimizaron los parámetros de distancia, velocidad de flujo y voltaje del equipo. Después de varios experimentos realizados para esta optimización, los parámetros para realizar el ensayo de electrohilado del PLLA fueron de voltaje 20 kV, distancia 14 cm y velocidad de flujo de 8 mL/h.

En un Erlenmeyer de 25 mL se preparó una solución de 2.0 g de PLLA en 5 mL de cloroformo hasta que el PLLA se disolvió completamente. Esta solución se colocó en una jeringa de 5 mL unida a una manguera donde en el otro extremo de esta está una aguja que está conectada a una fuente de voltaje donde sale el hilo del PLLA, como se muestra en la Figura 6.

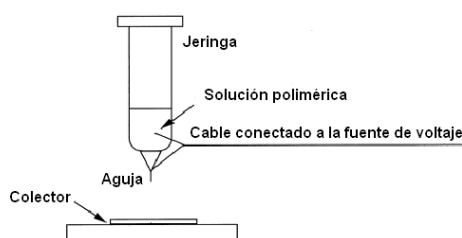


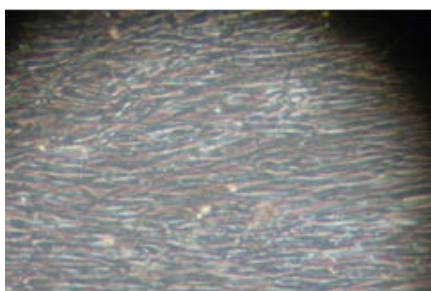
Figura 6. Esquematación de un equipo de electrohilado

Se encendió el equipo de electrohilado, y se observaron fibras de PLLA, estas fibras se adhirieron a una caja hueca de aluminio para obtener los apósitos de PLLA.

## 2.6 Ensayo de citotoxicidad de los apósitos de PLLA

El ensayo de citotoxicidad se realizó mediante la prueba colorimétrica Kit de Roche [3]. Este ensayo es un examen colorimétrico que sirve para cuantificar la lisis celular, se basa en la medida de la actividad LDH liberada del citosol de células lisadas en el supernadante.

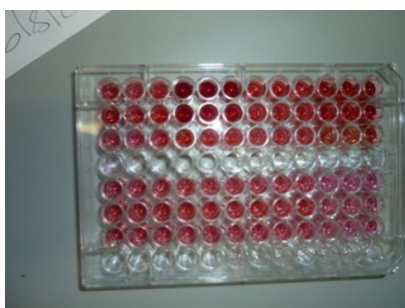
La línea celular utilizada en este ensayo es la L 929 (ATCC CCL 1, NCTC clon 929) es una línea fibroblástica de piel humana subclonada a partir de la Línea L, la cual fue generada por Earle [4] a partir de tejido adiposo subcutáneo de un ratón  $\text{C}_3\text{H}/\text{An}$  con 100% de crecimiento, como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7.** Células de fibroblastos de piel humana con 100% de crecimiento

Estas células se colocaron en incubación durante 48 h, transcurrido este tiempo de incubación y verificada la confluencia celular, se adicionaron los apósitos de PLLA como producto final por triplicado en una placa de 24 pozos y ésta se incubó a 37°C con CO<sub>2</sub> por 24 h.

Pasado el tiempo de incubación, se transfirieron 100 µL del sobrenadante de cada uno de los pozos que contienen las células y cada uno de los materiales analizados a los pozos correspondientes en la placa de 96 pozos, como muestra la Figura 8. Se les adicionó 100 µL del reactivo LDH y se incubó la placa a temperatura ambiente protegida de la luz durante 30 minutos, pasado el tiempo se procedió a realizar la determinación de la densidad óptica utilizando un lector de microplacas para ELISA, STAT-FAX 2100, a una longitud de onda de 456 nm con un filtro de referencia de 492 nm.

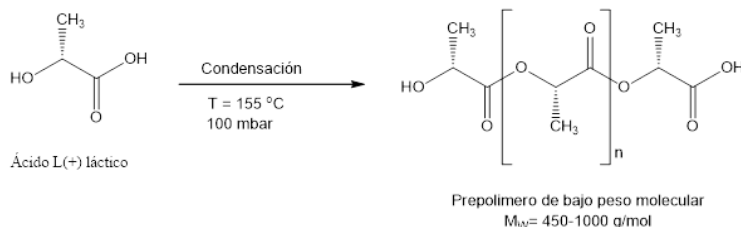


**Figura 8.** Disposición de los materiales y los controles de la placa de 96 pozos

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Síntesis de PLLA de bajo peso molecular (oligómero)

El AL comercial 88-92% de pureza utilizado como reactivo de partida en esta investigación, está formado por dímeros, trímeros que se forman en el proceso de obtención, como se muestra en la Figura 9 [4]. Durante el calentamiento del AL comercial, ocurre la oligomerización y depolimerización para formar el dímero cíclico Lc.

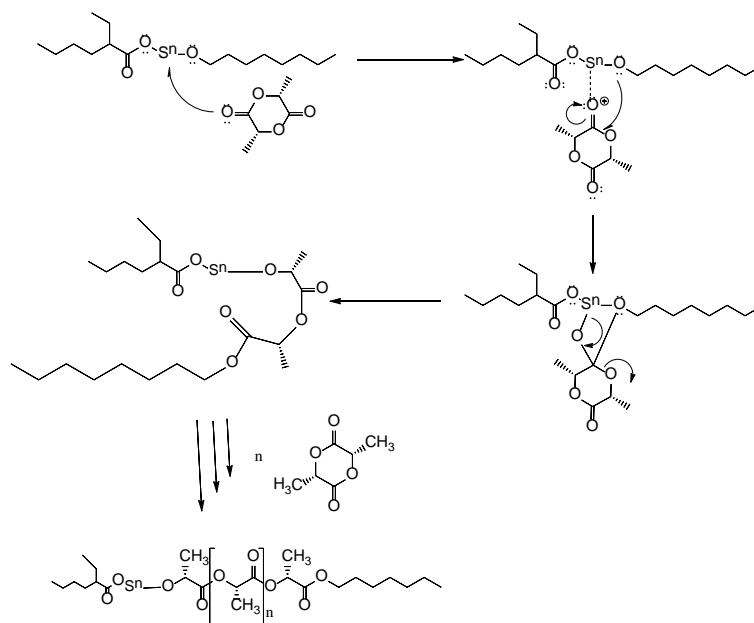


**Figura 9.** Reacción de Oligomerización del AL

#### 3.2 Policondensación directa del AL para formar el Lc crudo

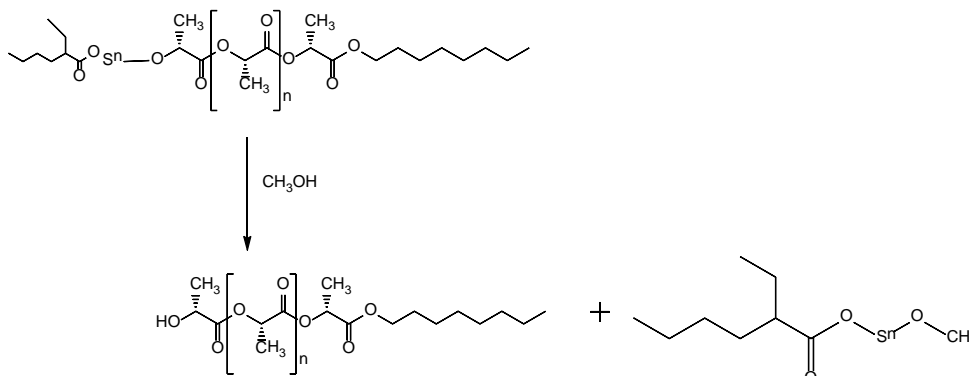
La policondensación directa del AL se llevó a cabo en dos etapas fundamentales, la primera etapa ocurre la remoción de agua, seguida por la policondensación directa del oligómero que conlleva a la formación del Lc. Esta policondensación directa del AL *in situ* no es aplicada a escala industrial debido a la competencia entre reacción de la formación del Lc y la degradación simultánea que ocurre en la reacción [5].





**Figura 13.** Etapa de propagación del mecanismo de Coordinación-Inserción

Una vez realizada la inserción del alcóxido en el PLLA se realiza la etapa de finalización en donde se agrega un reactivo monofuncional, en este caso metanol, para finalizar la propagación y así obtener el PLLA deseado, como se ilustra en la Figura 14.



**Figura 14.** Etapa de Finalización del mecanismo de Coordinación-Inserción

El PLLA presenta fenómeno de tacticidad, esto es, el arreglo estereoquímico de los centros quirales en una macromolécula o polímero. Al respecto, vale la pena señalar que la tacticidad generalmente depende del enantiómero del Lc utilizado como material de partida para la polimerización del PLLA. En este caso el PLLA presenta isotacticidad o una sola configuración de centro quiral en todo el polímero.

### 3.4 Fabricación de los apósitos de PLLA por medio de electrohilado

Uno de los objetivos principales de esta investigación fue averiguar los parámetros óptimos de voltaje, distancia, velocidad de flujo y concentración para la fabricación de los apósitos de PLLA sintetizado. Es por este motivo que se realizó un estudio detallado de estos parámetros para finalmente escoger los ideales para el proceso de electrohilado y realizarles las pruebas de citotoxicidad.

#### 3.4.1 Optimización de parámetros de voltaje, distancia y velocidad de flujo de electrohilado para la fabricación de los apósitos de PLLA.

Se preparó una solución al 40% (P/V) del PLLA sintetizado para hallar el voltaje apropiado, dejando las demás variables constantes. Las condiciones de trabajo para el cambio del voltaje se ilustran en la Tabla 1. Como se observa, el mejor voltaje para este PLLA fue de 20 kV, motivo por el cual se harán los apósitos de PLLA con este voltaje.



**Tabla 1.** Optimización del voltaje del equipo de electrohilado para la fabricación de apósitos de PLLA

Polímero	Voltaje (kV)	Distancia (cm)	Velocidad de flujo (mL/h)	Observaciones
PLLA 96 h	10	14	8	sólido frágil
PLLA 96 h	15	14	8	sólido frágil
PLLA 96 h	20	14	8	Sólido menos frágil (mayor consistencia)

Continuando con la optimización de parámetros, se procedió a realizar la optimización de la distancia del equipo de electrohilado dejando el resto de las variables constantes, como se muestra en la Tabla 2. Como se observa, la mejor distancia para el PLLA fue de 14 cm, motivo por el cual se harán los apósitos de PLLA con esta distancia.

**Tabla 2.** Optimización de la distancia del equipo de electrohilado para la fabricación de apósitos de PLLA

Polímero	Voltaje (kV)	Distancia (cm)	Velocidad de flujo (mL/h)	Observaciones
PLLA 96 h	20	10	8	Sólido frágil, sin indicios de fibras.
PLLA 96 h	20	18	8	Aparición de pequeñas fibras.
PLLA 96 h	20	14	8	Aparición de fibras ordenadas y en mayor proporción.

Continuando con la optimización de parámetros, se procedió a realizar la optimización de la velocidad de flujo del equipo de electrohilado dejando el resto de variables constantes como se muestra en la tabla 3. Como se observa, la mejor velocidad de flujo para el PLLA fue de 8 mL/h, motivo por el cual se harán los apósitos de PLLA con esta velocidad de flujo. Los parámetros óptimos fueron 8 mL/h, 20 kV y 14 cm.

**Tabla 3.** Optimización de la velocidad de flujo del equipo de electrohilado para la fabricación de apósitos de PLLA

Polímero	Voltaje (kV)	Distancia (cm)	Velocidad de flujo (mL/h)	Observaciones
PLLA 96 h	20	14	12	Sólido opaco sin indicios de fibras
PLLA 96 h	20	14	8	Fibras aptas para crecimiento celular.
PLLA 96 h	20	14	4	Se formaron gotas.

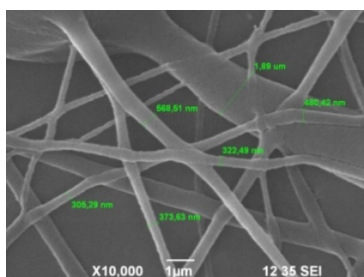
### 3.5 Electrohilado del PLLA y elaboración de los apósitos de PLLA

Se realizó el electrohilado del PLLA con los parámetros optimizados dando como resultado lo ilustrado en la Figura 15. Estos hilos de PLLA fabricados por electrohilado fueron depositados en una placa hueca de aluminio con el objetivo que no se pegaran en el aluminio. Posteriormente, estos apósitos fueron cortados para someterlos a pruebas de citotoxicidad con fibroblastos de piel humana.



**Figura 15.** Apósitos de PLLA formados mediante electrohilado

La superficie y la morfología de los hilos fabricados fueron caracterizadas por medio de microscopia electrónica de barrido, dando los resultados mostrados en la Figura 16.



**Figura 16.** Imagen de los hilos creados por electrohilado SEM

### 3.6 Ensayo de Citotoxicidad

Para realizar los ensayos de citotoxicidad para los apósitos de PLLA se debe aplicar la ecuación (1) de % de citotoxicidad para determinar el porcentaje de citotoxicidad de cada uno de los apósitos realizados. El porcentaje de citotoxicidad de los apósitos de PLLA fabricados se muestra en la Tabla 4.

$$\% \text{ de citotoxicidad} = \frac{\text{Lectura muestra} - \text{CB}}{\text{CA} - \text{CB}} \times 100 \quad (1)$$

**Tabla 4.** Porcentaje de citotoxicidad de los apósitos de PLLA fabricados

Muestras	Citotoxicidad (%)
PLLA 96 h	49'34 ± 0'01
PLLA comercial	23'00 ± 0'01
90 % PLLA 96 h puro y 10 % PLLA comercial	42'93 ± 0'01

Las pruebas de citotoxicidad arrojan que los apósitos de PLLA fabricados en el laboratorio presentan una citotoxicidad más elevada que el PLLA comercial aprobado para aplicaciones médicas; por este motivo se decidió mirar realizar apósitos combinados entre la PLLA fabricada y la PLLA comercial.

Realizando una revisión en la literatura se encontró que Lozano [11] argumenta que los bloques fibrosos hechos de PLLA que presenten una citotoxicidad inferior al 50 % no se consideran citotóxicos, por lo tanto, todos los PLLA sintetizados en este trabajo no presentan citotoxicidad y se consideran útiles en aplicaciones con seres vivos y el siguiente paso es realizarle pruebas histológicas *in vivo*.

## 4. CONCLUSIONES

Se sintetizó PLLA de alto peso molecular mediante la vía de coordinación-Inserción (ROP) comprobándose que el tiempo y la temperatura de polimerización tienen un efecto importante al igual que el co iniciador y se estudió el efecto del Sn(oct)<sub>2</sub> sobre la reacción.

Adicionalmente, se obtuvo L-Lc de alta pureza, con una rotación específica de -285°C, que coincide con los valores reportados en la literatura, haciendo el método efectivo para sintetizarlo. Se optimizaron los parámetros para la fabricación de apósitos de PLLA por electrohilado siendo estos: velocidad de flujo de 8 mL/h, voltaje de 20 kV y una distancia de 14 cm.

Los resultados de citotoxicidad mostraron que el PLLA no es citotóxico por lo tanto es un polímero apto para la aplicación de regeneración de tejidos. El PLLA comercial fue el que menor citotoxicidad registró con un valor de 23%.

## REFERENCIAS

- [1] Correa L. (2011). Extracción de Quitosano y fabricación de bloques porosos de Ácido poliláctico/Quitosano para la regeneración de tejido óseo. Trabajo de grado. Universidad del Valle.
- [2] Okada M. (2002). Chemical synthesis of biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*, 88-90.
- [3] Kit Roche. (2004). kit for 2000 test store at- 15 to -25°C.
- [4] Criollo W. (2013). Ensayo Citotoxicidad *in vitro* de un biocompuesto. *Bacteriólogo y Laboratorista Clínico. Especialista en Cultivos Celulares*, 1-13.
- [5] Gupta B. y Revagadea N. (2007). Poly (lactic acid) fiber: An overview. *Progress in Polymer Science* 32, 455–482.
- [6] Maharana T. et al. (2009). Melt-solid policondensation of lactic acid and its biodegradability. *Progress in Polymer Science* 34, 99-134.
- [7] Kricheldorf H. (2001). Syntheses and application of polylactides. *Chemosphere*, 49-54.
- [8] Kricheldorf H. (1995). Polylactones: 31. Sn(II)octoate-initiated polymerization of L-lactide: a mechanistic study. *Polymer*. 36(6), 1253-1259.
- [9] Chisholm M. et al. (2007). Ring-opening polymerization of L-lactide by organotin(IV)alkoxides,  $R_2Sn(OPr^i)_2$ : Estimation of the activation parameter. *Polyhedron*. 26, 4436-4444.
- [10] Chen G. et al. (2006). Synthesis of high-molecular-weight poly(L-lactid acid) through the direct condensation polymerization of L-lactic acid in bulk state". *European Polymer Journal* 42, 468-472.
- [11] Lozano V. (2013). Andamios de PCL-PLA obtenidos por la técnica de electrospinning para aplicaciones en regeneración ósea. Trabajo de grado. Universidad del Valle.

# Factores claves para el futuro a largo plazo de la moda sostenible en Colombia

Daniela Suárez Moreno<sup>1</sup>

Elsa Beatriz Gutiérrez Navas<sup>2</sup>

*Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia*

La industria de la moda es uno de los sectores más importantes de la economía en Colombia, sin embargo, este sector genera un alto impacto ambiental al usar químicos altamente contaminantes en la fabricación de materias primas y en sus procesos de transformación, y un alto impacto social dadas las condiciones precarias de los trabajadores. Por ello, cada vez más diseñadores, marcas y consumidores se hacen conscientes de la importancia de la moda sostenible. El presente estudio buscó identificar las variables claves para la prospectiva y estrategia empresarial de las marcas actuales y futuras de moda sostenible en Colombia a mediano plazo (10 o menos años), largo plazo (11 a 15 años) y muy largo plazo (16 a 20 años). Se parte de una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos Scopus y ScienceDirect, que permitió identificar 37 variables que pueden afectar el futuro de la moda sostenible, de las cuales 18 son endógenas y 19 exógenas. A partir de ellas se identificaron 18 factores de cambio que generan condiciones de incertidumbre para el futuro de la moda sostenible: 4 del macro-entorno, 7 del micro-entorno y 7 organizacionales. Asimismo, se aplicó un análisis estructural con la herramienta MICMAC y la participación de 4 especialistas, lo que permitió identificar las variables claves (Factores de cambio con mayor influencia y dependencia sobre el sistema), sobre las cuales deben las empresas de moda sostenible concentrar sus esfuerzos en la formulación de escenarios prospectivos y estrategias empresariales a mediano, largo y muy largo plazo para ser competitivas en el mercado. Se destaca a muy largo plazo (16 a 20 años) el rol de factores como los estilos de vida sostenibles de los consumidores, las prácticas éticas y socialmente responsables, la percepción y fidelización de clientes frente al valor sostenible de la marca, el crecimiento de la educación formal consciente y sostenible en la moda, la implementación de telas sostenibles con fibras naturales o recicladas, y la innovación en procesos productivos haciendo uso de tecnologías de la industria 5.0.

---

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería industrial. Contacto: [daniela.suarez.2013@upb.edu.co](mailto:daniela.suarez.2013@upb.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera Industrial y Magíster en Administración. Contacto: [elsa.gutierrez@upb.edu.co](mailto:elsa.gutierrez@upb.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los primeros debates en relación con la sostenibilidad en la moda se remontan a mediados de la década de 1990, cuando el tema de la explotación infantil por parte de algunos proveedores de la marca reconocida Nike, generó la atención de la sociedad occidental. A partir de ese momento, diversas organizaciones no gubernamentales, entre las que se incluyen Greenpeace y Clean Clothes Campaign comenzaron a presionar a las marcas de moda para que adoptaran enfoques comerciales más sostenibles [1].

La industria de la moda es una de las que deja una gran huella ambiental, al usar químicos altamente contaminantes en la fabricación de materias primas y en sus procesos de transformación. Según la ONU, la industria de la moda es la segunda más contaminante del mundo, produciendo más emisiones de carbono que todos los vuelos y transportes marítimos internacionales juntos. Esto ha generado gran preocupación, ya que en los últimos años se ha multiplicado su producción y se ha pasado de producir dos temporadas de colecciones a más de seis, con el fin de ofrecer cada dos meses nuevas prendas y tendencias a un consumidor que tira la ropa en la mitad del tiempo de uso que hace quince años [2]. Según Barrullas, *vivimos en una sociedad plenamente consumista y todo ese consumo excesivo provoca altos niveles de contaminación* [3].

La contaminación que genera la producción de ropa y su lavado afecta a la tierra y el agua, pues estos procesos generan un aproximado de 500 mil toneladas de micro plásticos al año en los océanos, y solo para fabricar una camisa de algodón se consumen 2 mil 700 litros de agua. Esto lleva a pensar que, si la fabricación continúa de la misma manera, para 2050 se triplicará el consumo de petróleo a 300 millones de toneladas para la fabricación de ropa [4].

Además del consumismo, otro fenómeno que afecta la industria de la moda es el *fast fashion* o moda rápida, el cual hace referencia a la producción de grandes volúmenes de ropa en la industria de la moda, debido a las tendencias y a la necesidad inventada de estar en una innovación constante, lo que contribuye a poner en el mercado millones de prendas y fomentar en los consumidores una sustitución acelerada de su vestuario personal. Este fenómeno provoca que se introduzcan al mercado muchas colecciones de ropa *en tendencia* en poco tiempo, soportado en un modelo de producción de prendas con materias primas e insumos de baja calidad para asegurar un precio barato, y alta velocidad de manufactura que repercute en su escasa durabilidad, siendo incluso ropa desechable. Este fenómeno de *fast fashion* no solo genera un daño e impacto ambiental sino social, pues las condiciones sociales para los trabajadores de los países donde se fabrican las prendas bajo este modelo de producción son precarias y poco humanas debido a las horas continuas de trabajo diarias [4].

La ONU ha calificado la industria del *fast fashion* de emergencia medioambiental, siendo este concepto responsable del 20% de las aguas residuales y del 10% de las emisiones de carbono mundiales, deforestación, pérdida de la biodiversidad terrestre y acuática, y toneladas de residuos gestionables. En relación con el impacto social, el fenómeno de moda rápida ha generado pérdidas de puestos de trabajo, disminución o disolución de valiosos gremios artesanales, talleres y tejedurías locales, y ha traído inseguridad e insalubridad laboral. El impacto económico que ha dejado este concepto es el aumento de desigualdad, contrabando y la pobreza para muchos países [5].

El impacto de cambio climático y los frecuentes desastres naturales alrededor del mundo han generado una mayor consciencia en la humanidad de la importancia del desarrollo económico soportado en la sostenibilidad ambiental para el cuidado del planeta, así como el desarrollo de hábitos de consumo responsables, por lo cual van surgiendo emprendimientos, marcas y negocios con este valor y cualidad. Diferentes estudios en el sector de la moda evidencian que el número de consumidores que están dispuestos a pagar precios más altos por prendas sostenibles va creciendo cada vez más, destacando el concepto de *slow fashion* o moda lenta. Muchas marcas de moda se gestionan bajo políticas sostenibles para mantenerse competitivas a través de los años y, a la vez, promover un desarrollo sostenible. En este sentido, se destaca la importancia de las empresas textiles y de la industria textil, pues la adopción de una economía circular en estos sectores de la moda podría generar una reducción importante de emisión de CO<sub>2</sub> [6].

Debido al impacto ambiental que está teniendo la moda, en la actualidad crece la presión medioambiental y social, siendo necesario que las marcas de ropa se rediseñen o planteen nuevas técnicas y maneras de fabricar ropa y artículos de moda que no tenga un impacto negativo para el medio ambiente. En varios países de ha instaurado el movimiento *no buy year*, que anima a la gente a no comprar ropa durante un año, con el fin de ser conscientes de la falsa necesidad de comprar con tanta frecuencia. Las marcas y los *influencers* deberán adaptarse a la tendencia de no consumir por consumir y la industria deberá producirse a partir de fibras y materiales ecológicos si no quiere verse afectada [7].

Este cambio de conciencia poco a poco va abriendo camino entre las nuevas generaciones. Según un estudio de Nielsen, 66% de la población milenial mundial se muestra dispuesta a comprar piezas con las etiquetas sostenibles a pesar de tener que pagar más. Los mileniales (nacidos entre los ochenta y los noventa) y la generación Z (nacidos a partir de los años noventa) son más consiente, pues han crecido con valores como la sostenibilidad [3]. La generación Z ha sido educada desde la escuela en la responsabilidad de hacer un mundo más sostenible, y por lo tanto serán los que motivarán el cambio [7].

La moda es uno de los sectores más importantes de la economía en Colombia, siendo uno de los principales referentes en Latinoamérica, al contar con grandes marcas y diseñadores muy importantes y reconocidos a nivel nacional e internacional. El talento de los diseñadores locales es de exportación y cada vez más se abren mercado a nivel global [8].

Dado el crecimiento del sector moda en Colombia a través de los años y siendo consciente que la industria de la moda es uno de los sectores que más demanda tiene, pero genera un gran impacto social, económico y ambiental, este trabajo tiene como objetivo identificar factores de cambio claves para el futuro de la moda sostenible en Colombia y, entre estos, los factores estratégicos sobre los cuales deberían centrar su atención las empresas para proyectar sus escenarios prospectivos y su estrategia empresarial a largo plazo.

Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos Scopus y ScienceDirect, que permitió identificar 37 factores de cambio para el sector de la moda sostenible, a partir de los cuales se aplicó un análisis estructural con el software MICMAC a partir del cual se priorizaron las variables estratégicas que permitirán guiar los escenarios prospectivos de estas empresas a mediano plazo (10 o menos años), largo plazo (11 a 15 años) y muy largo plazo (16 a 20 años). De esta manera, el presente estudio espera ser un enlace entre la academia y el sector empresarial, al dar insumos claves para que la industria de la moda en Colombia se proyecte a largo plazo a partir de procesos prospectivos que les permitan trabajar sobre escenarios futuros de moda sostenible, respondiendo a la pregunta de investigación: *¿Qué factores serán claves para el futuro a largo plazo de la moda sostenible en Colombia?*

## 2. MÉTODO

### 2.1 Revisión sistemática de la literatura

Para el desarrollo de este estudio exploratorio, se partió de una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos Scopus y ScienceDirect con el fin de identificar los factores de cambio que afectarán el futuro a largo plazo de la moda sostenible en Colombia. La búsqueda se realizó en julio de 2022 utilizando la ecuación de búsqueda: *((Trends OR Future OR prospective) AND ("sustainable fashion" OR ecofashion OR "Slow fashion" OR "ethical fashion"))*

En las Tablas 1 y 2 se presenta para cada una de las bases de datos la cantidad de publicaciones que arrojó la primera búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión utilizados para aceptar y rechazar los resultados, y finalmente las publicaciones aceptadas con los cuales se realizó el análisis.

**Tabla 1.** Revisión sistemática de la literatura en la base de datos Scopus

<b>Primera Búsqueda</b>
Resultados: 224
Criterios de inclusión:

<i>Año:</i> 2020-2022		
<i>Áreas temáticas:</i> social sciences, business management and accounting, environmental science, computer science, engineering, economics, econometrics and finance, materials science, agricultural and biological sciences		
<i>Idioma:</i> English		
<i>Tipo de documento:</i> Article, book chapter, Review, conference paper		
<b>Segunda búsqueda – Revisión</b>		
Resultados finales: 21	Aceptados: 17	Rechazados: 4
Criterios de exclusión: Contenido incompleto, y títulos y documentos eliminados y no encontrados		

**Tabla 2.** Revisión sistemática de la literatura en la base de datos ScienceDirect

<b>Primera Búsqueda</b>		
Resultados: 2.111		
Criterios de inclusión:		
<i>Año:</i> 2021-2023		
<i>Tipo de artículo:</i> Review articles, Research articles, Book chapters		
<i>Áreas temáticas:</i> environmental science, business, management and accounting, engineering		
<b>Segunda búsqueda – Revisión</b>		
Resultados finales: 25	Aceptados: 24	Rechazados: 1
Criterios de exclusión: Documentos no encontrados		

Una vez seleccionados las 41 publicaciones de interés para el estudio, se realiza una revisión detallada de cada documento que permitió encontrar resultados valiosos para la identificación de variables y conceptos claves para el entorno de la moda sostenible. Resultado de la revisión de la literatura, se identifican 37 variables, de las cuales 18 son variables endógenas, es decir variables bajo el control de las empresas de moda, y 19 variables exógenas asociadas con condiciones del entorno en el cual se desenvuelven estas empresas, especificando para cada variable su definición y el número y referencias de los artículos que la analizan.

## 2.2 Análisis de factores de cambio y análisis estructural para priorización de variables estratégicas

A partir de los resultados de la revisión de la literatura, se realiza un análisis que permitió identificar 18 factores de cambio que generan condiciones de incertidumbre y por lo tanto se espera que impacten el futuro a largo plazo de la moda sostenible (10 o más años), los cuales fueron clasificados en categorías asociadas con factores del macro-entorno, micro-entorno y organizacionales.

A partir del análisis de los factores de cambio para la moda sostenible se realiza un análisis estructural por medio del software MICMAC. Este software es una herramienta que permite evaluar de manera organizada información, en el cual se determina y describe un sistema por medio de una matriz que relaciona variables (factores de cambio), a partir de la cual se identifican aquellas que serán importantes e influyentes a largo plazo para el sistema y que van a definir su futuro [9].

Para la aplicación de la herramienta MICMAC, se buscó la participación de especialistas que representan diferentes actores claves para el sistema: especialistas en sostenibilidad, diseñadores de moda, empresarios de marcas de moda y consumidores. En la Tabla 3 se relacionan los 4 actores que participaron en el proyecto a partir del diligenciamiento de la matriz de análisis estructural o de impactos directos.

**Tabla 3.** Actores participantes de la herramienta MICMAC

Actor	Nombre	Profesión y Experiencia
Especialista en sostenibilidad	José Miguel Higuera Marín	Diseñador Industrial con Doctorado en sostenibilidad, profesor de la facultad de diseño industrial en la Universidad industrial de Santander.
Diseñadora y profesora de diseño de modas	Anna Carolina Peralta Trillos	Profesor de la facultad de moda en las Unidades Tecnológicas de Santander.
Consumidor con conciencia ambiental	Daniela Ordoñez	Diseñadora Industrial y profesor de la facultad de diseño industrial en la Universidad Industrial de Santander. Actualmente se encuentra realizando una maestría en innovación y diseño con un proyecto de moda sostenible.
Empresaria de marca de moda sostenible	Daniela Suárez Moreno	Estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad Pontificia Bolivariana, empresaria y creadora de marca de ropa con valor sostenible.

Para la elaboración de la matriz de análisis estructural o de impactos directos MID, cada actor utilizó la escala de evaluación mostrada en la Tabla 4 para valorar la influencia de cada factor de cambio sobre el resto de factores de cambio analizados.

**Tabla 4.** Escala de evaluación para la matriz de impactos directos MID

Calificación	Criterio de calificación
0	No influye
1	Influencia débil
2	Influencia media
3	Influencia fuerte
P	Influencia potencial

Una vez recopilada la evaluación realizada por cada actor, se realiza una matriz consolidada a partir de la media de las 4 calificaciones, lo cual permitió identificar cuáles son las variables con más influencia y dependencia del sistema mediante diferentes planos arrojado por el software MICMAC, y concluir sobre las variables estratégicas o factores claves para el futuro de la moda sostenible en Colombia a mediano plazo (10 o menos años), largo plazo (11 a 15 años) y muy largo plazo (16 a 20 años).

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Identificación de variables que pueden afectar el futuro de la moda sostenible en Colombia a partir de una revisión sistemática de la literatura

A partir de la revisión bibliográfica se identificaron 41 publicaciones de interés para el estudio, a partir de las cuales se identificaron 18 variables endógenas y 19 variables exógenas que pueden afectar el futuro de las empresas de moda sostenible, las cuales se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Variables endógenas de interés para el estudio

VARIABLES ENDÓGENAS	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	PUBLICACIONES	REFERENCIAS
Sustainable fashion	Es una nueva forma de llevar los procesos productivos y el desarrollo de prendas de vestir que busca cuidar los recursos naturales y protegerlos en cada proceso, desde la adquisición de la materia prima, mano de obra, packeking hasta la entrega del producto al cliente.	15	[10-24]
Premium prices	Es una estrategia de mercadeo que las empresas o marcas aplican a partir del aumento de los precios en ciertos productos, con el fin de crear una percepción de que el producto es de muy alta calidad.	2	[10, 25]
Competitiveness	Es la capacidad que tiene un individuo o empresa para desarrollar ventajas competitivas con respecto a sus rivales y así posicionarse por delante de sus competidores. Es una propiedad inherente a un producto que generan confianza en el consumidor por su durabilidad y material, y genera conformidad al satisfacer sus necesidades de manera implícita o explícita.	6	[6, 11, 16, 18, 26, 27]
Fashion marketing	Es una estrategia de promoción para publicitar las marcas y los productos de moda enfocado en clientes potenciales por medio de canales digitales.	9	[6, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 26, 28]
Environmentally friendly	Es una actitud o valor de un producto o persona, consistente en llevar un estilo de vida sostenible, respetando el medio ambiente, y generando un impacto positivo en la naturaleza y el medio ambiente.	13	[12, 16, 19, 22, 24, 29-36]
Sustainable textiles	Son textiles creados con un menor impacto negativo, a partir de prácticas responsables con el medio ambiente y con las personas que los fabrican.	5	[11-13, 17, 26]
Environment-friendly material	Son aquellos materiales provenientes de origen biológico y de plantas, que se convierten en fibras textiles y son amigables con el medio ambiente, ya que se pueden biodegradar.	5	[6, 12, 17, 18, 37]
Customer loyalty	Es una medida estratégica la cual busca que los clientes vuelvan a realizar una compra a la empresa o marca, midiendo el nivel de satisfacción del cliente.	4	[12, 25, 33, 34]
Fashion design	Profesional en moda o persona que diseña moda, ya sea en accesorios, ropa o zapatos.	6	[6, 10, 12, 15, 16, 18]



Fashion trend	Son productos de moda que están en tendencia y cambian en diferentes temporadas del año, a partir del uso de colores, diseños, texturas, estampados y conceptos que hacen que las personas las quieran adquirir a como dé lugar.	7	[10-12, 16-19, 26]
Designer	Diseñador que crea estilos, tendencias y texturas en la moda a partir de inspiración que aplica en la creación de cada producto.	8	[10, 12, 15-17, 26, 37, 38]
Brand´s sustainability policies	Son aquellas normas y políticas que tiene una marca sostenible, las cuales busca cumplir.	5	[10, 12, 13, 16, 39]
Circular fashion model	El modelo circular en la moda busca que las prendas estén en un continuo ciclo, de manera que al desechar algún producto de moda este pueda volver a tener vida útil.	4	[13, 21, 24, 37]
Ethical practices	Son prácticas amigables tanto en lo ambiental como en lo social, permitiendo que exista el valor de la ética en cada actividad o comportamiento para la elaboración de productos.	15	[12, 13, 22-28, 32-34, 39-41]
Circular production	Es un modelo productivo para las empresas e industrias, el cual tiene como objetivo optimizar recursos y materia prima de la cadena productiva, dándole otro valor o una nueva vida útil.	7	[6, 20, 21, 24, 25, 29, 37]
Marketing strategies	Conjunto de ventajas competitivas que hacen que las empresas o marcas crezcan según lo planeado y establecido, generando un crecimiento en el mercado.	8	[6, 12, 20, 27, 28, 31, 34, 37]
Innovation	La innovación es una cualidad dentro de un proceso o idea, que modifica elementos, ideas o protocolos ya existentes, para así mejorarlos o crear nuevos que impacten de manera favorable en el mercado.	7	[10, 18, 20, 26, 31, 37, 42]
Biodegradable package	Son aquellos empaques, paquetes o envoltorios de un producto que son amigables con el medio ambiente, ya que se biodegradan o descomponen en la naturaleza en un corto tiempo y no generan contaminación. Esta es una alternativa sostenible que ayuda a disminuir el uso de plástico.	2	[12,20]

En la Tabla 6 se presentan las variables exógenas o del entorno que se espera afecten el futuro de la industria de la moda sostenible según la revisión sistemática de la literatura.

**Tabla 6.** Variables exógenas de interés para el estudio

Variables exógenas	Descripción de la variable	Publicaciones	Referencia
Social Media	Son tecnologías interactivas que permiten intercambio de información, ideas y productos. Tecnologías que permiten conectar las personas con las marcas, creando una comunicación virtual.	7	[10, 16, 17, 22, 34, 35]
Inteligencia Artificial (AI)	Es un sistema tecnológico que utiliza máquinas o dispositivos inteligentes que imitan la inteligencia humana con el fin de realizar tareas, mejorando significativamente las capacidades humanas.	9	[10, 13, 16, 20, 22, 31, 35, 43, 44]
Fashion Industry	Es un conjunto de actividades que se dedican a la transformación de materias primas para convertirlas en productos de moda que satisfagan al consumidor final, generando siempre un impacto global en tendencias y actualidad en la moda.	15	[10-13, 16-19, 21-24, 26, 28, 37]
Conscious consumers	Son aquellas personas que compran productos de una manera más consciente, analizando si es un producto de buena calidad y si el desarrollo de este ha pasado por prácticas sostenibles y justas.	8	[16, 19, 24, 26, 27, 33, 40, 43]
Political regulations	Son un conjunto de normas legales que los gobiernos imponen con el fin de hacer cumplir esas reglas a nivel económico, ambiental y social.	8	[6, 13, 18, 19, 26, 34, 36, 41]
Enviromental impact	Es la alteración del medio ambiente debido a una conducta humana que provoca una modificación de este.	16	[13, 17, 22, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 36, 39, 40, 41, 44]
Government	Es un conjunto de personas y organismos que tienen el control y la autoridad de instituciones que tienen el poder ejecutivo del Estado.	5	[26, 30, 31, 36]
Fast fashion	Método de sobreproducción de prendas de vestir que busca producir grandes volúmenes de ropa que siguen tendencias de una semana, fomentando un consumo acelerado por parte de los consumidores de moda.	7	[16, 26, 28, 30, 31, 36, 42]
Purchase behavior in fashion	Son aquellas características tanto internas como externas del consumidor y del producto que determinan la compra, teniendo en cuenta las tendencias que se encuentran en el mercado.	7	[10, 13, 16-19, 26, 28]
Industry manufacturing	Conjunto de procesos a través de los cuales se transforman las materias primas, para obtener un producto final para un consumidor final.	7	[10, 14, 21, 22, 32, 35, 38]

Generation society	Hace referencia a una nueva era en la sociedad, con personalidades, gustos y creencias distintas, las cuales están clasificadas según el año de nacimiento.	7	[13, 23, 24, 28, 36]
Economic	Es una ciencia social que se encarga de analizar y estudiar los recursos disponibles ya sea de una empresa, familia y gobierno, con el fin de satisfacer las necesidades de las personas.	4	[13, 21, 41, 44]
Education	Es la formación en conocimientos, la cual tiene como objetivo desarrollar la capacidad intelectual, moral y afectiva de las personas hacia un tema en específico.	6	[15, 30, 32, 33, 43, 44]
Digitized shopping	Son herramientas digitales, que permiten realizar compras online desde cualquier dispositivo inteligente.	4	[3, 13, 19, 29]
Circular economy	Es un modelo de economía sostenible el cual se basa en el aprovechamiento de materias primas y desperdicios para darle otra utilidad.	8	[13, 20, 21, 24, 25, 29, 31, 37]
Consumer attitudes	Comportamientos o actitudes de los consumidores según un ámbito social, político y ambiental.	14	[6, 17, 18, 22, 23, 25, 28, 31-38]
Tendencias	Es una corriente que genera una inclinación en las personas y en las cosas para satisfacer sus necesidades o sentirse a fin a una dirección específica.	4	[19, 22, 23, 32]

### 3.2 Matriz factores de cambio

Una vez identificadas las variables que afectarán la industria de la moda sostenible en el futuro, se realiza un análisis de 18 factores de cambio que representarán los principales retos para esta industria a largo plazo, al representar fenómenos cuya situación en el futuro es incierta y genera incertidumbre. En la Tabla 7 se clasifican en factores endógenos u organizacionales, y factores exógenos asociadas con el macro-entorno y el micro-entorno, y se presenta su nomenclatura y descripción.

**Tabla 7.** Matriz factores de cambio

Factor	Categoría	Factor de cambio (Nomenclatura)	Descripción
Macro-entorno (Exógenos)	Tecnológico	Innovación en procesos productivos haciendo uso de tecnologías de la industria 5.0 InvPPTI5.0	Implementación de programas tecnológicos con el fin de crear una relación directa con el cliente y desarrollar nuevos métodos en los diseños, dando así personalización en los productos para que sean altamente competitivos.
	Social/ Educación	Crecimiento de educación formal consciente y sostenible en la moda CrEduFCySM	Implementación de recursos educativos y de asignaturas de valor sostenible en los pensum de programas de moda, con el fin de crear conciencia en los estudiantes que entrarán al gremio. Actualización por parte de las empresas de confecciones en temas de moda sostenible
	Político legal	Regulación gubernamental de la industria de la moda	Conjunto de normas legales que se deben imponer a las industrias de moda con regulaciones ambientales, sociales y económicas.
	Ambiental/ Cultural	Practicas éticas y socialmente responsables PrcEySrpon	Actividades productivas que no tienen un impacto negativo con el medio ambiente, ni con sus trabajadores, en las cuales se implementan materiales orgánicos de fibras naturales y reciclables. No hay exceso y no hay uso de recursos naturales.
Micro-entorno (Exógeno)	Proveedores	Implementar telas sostenibles con fibras naturales o recicladas ITSNoR	Utilización de telas de fibras naturales o recicladas en la producción de prendas.
		Uso de empaques biodegradables UsoEmBio	Estrategias de valor sostenible que se emplean para que la marca sea altamente competitiva, usando empaques ecológicos biodegradables.
	Distribuidores	Compras sostenibles CpraSos	Compras consientes a proveedores de telas sostenibles, las cuales estén fabricadas bajo practicas éticas y de responsabilidad social.
		Transporte y comercialización sostenible TryComSos	Logística en las entregas de las prendas que se aborda de manera sostenible, utilizando vehículos o transporte que no contamina, y usando estrategias de entrega y comercialización que disminuyan el impacto negativo ambiental

Clientes	Estilos de vida sostenibles de consumidores EstVSoCon	Estilo de vida orientado hacia el cuidado del medio ambiente, que busca consumir y comprar <i>productos verdes</i> , es decir que provengan de prácticas amigables con el medio ambiente.	
	Percepción y fidelización de clientes frente al valor sostenible de la marca PyFCIVsos	Experiencia del cliente frente a la marca, la cual genera satisfacción del cliente por calidad y valor sostenible, que lleva a que el cliente vuelva comprar	
	Disposición a pagar precios premium por valor sostenible DispPPVso	Precios de las prendas elevados, debido a las materias primas y procesos utilizados de valor sostenible	
Organizacionales (Endógenas)	Área Financiera	Planeación y control de la gestión financiera PyCGesFinc	Plan de operaciones y recursos de la empresa que generan ingresos y crecimiento financiero. Generalmente se mide para un periodo de operación de un año
	Área de Investigación y desarrollo	Innovación en diseños de moda sostenible según tendencias InvDMSTnde	Innovación en áreas de diseño de prenda teniendo en cuenta tendencias y valor sostenible
		Durabilidad o longevidad de productos DuLongPrd	Ciclo de vida largo de los productos
	Área de Marketing	Estrategias de marketing digital EstrMarkDg	Formulación de actividades digitales estratégicas con propósitos definidos consiguiendo objetivos en un periodo de tiempo determinado.
	Área de gestión ambiental	Certificación Ambiental CertAmbtal	Certificados por medio de ecoetiquetas u otras, que garantizan que los procesos utilizados en la producción fueron sostenibles para la creación de textiles biodegradables o ecológicas, y respetuosas con el medio ambiente y con los trabajadores
	Área de producción	Reutilización de desechos en nuevos productos ReutDchsNP	Aprovechamiento de las telas y desechos de materia prima que sobra en la confección con el fin de realizar nuevas prendas o darle una utilidad en diseños con innovación.
Producción más limpia y eficiencia en el uso de recursos ProLyEIUR		Eficiencia y optimización de los recursos naturales y de la materia prima dentro de la producción	

### 3.3 Análisis estructural

A partir de los factores de cambio anteriormente enunciados se realiza el análisis estructural haciendo uso del software MICMAC, el cual permite identificar las variables que serán claves para el futuro de la moda sostenible en diferentes escenarios de tiempo. Para identificar cada factor de cambio se incluyó un nombre corto o nomenclatura en el software, tal y como se presenta en la Tabla 7.

Para la aplicación de este software, se aplica la matriz de impactos directos MID a 4 especialistas descritos en la tabla 3, quienes evaluaron la influencia de cada factor de cambio sobre el resto de estos según sus conocimiento y experiencia, calificando la influencia de los factores ubicados en las filas sobre los factores ubicados en las columnas. A partir de la respuesta de los 4 especialistas, se construyó una matriz consolidada, a partir de la media de la calificación de cada factor, quedando así una matriz final que fue diligenciada en el software MICMAC, tal y como se presenta en la Figura 1.

	1: In	2: E	3: Pr	4: IT	5: U	6: C	7: Tr	8: R	9: C	10: I	11:	12:	13:	14:	15:	16:	17:	18:
1: Innovación	0	3	3	2	3	2	0	1	3	P	P	P	P	1	P	2	1	P
2: Estrategias	3	0	2	1	2	2	1	0	2	2	P	P	2	1	P	3	1	1
3: Prácticas	2	2	0	3	2	2	P	P	P	2	1	P	2	0	P	3	3	3
4:	2	2	2	0	1	3	0	P	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3
5: Uso de	3	1	2	1	0	2	0	P	2	P	0	2	P	0	P	2	1	1
6: Compras	2	2	3	3	3	0	0	P	2	2	2	3	1	P	3	P	3	3
7: Transporte	0	0	P	0	P	0	0	P	1	1	0	P	P	P	2	0	0	1
8: Regulación	1	0	P	2	P	P	P	0	1	1	0	1	1	P	0	0	P	P
9:	3	3	P	3	2	2	1	1	0	3	P	2	2	3	P	2	3	3
10:	2	2	2	3	P	3	0	0	3	0	2	3	2	P	1	P	3	2
11:	P	2	2	3	0	2	0	P	P	P	0	P	3	P	1	3	2	2
12: Estilos de	P	3	3	3	3	3	2	0	2	3	3	0	2	2	2	3	3	3
13:	P	3	3	3	2	3	2	0	2	2	2	P	0	P	1	3	3	2
14:	P	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	P	2	0	1	2	2	3
15:	P	2	3	3	3	2	3	P	P	1	1	P	P	0	0	1	1	1
16:	P	3	2	3	2	3	1	0	2	3	2	3	3	2	1	0	2	2
17:	1	1	3	3	1	2	1	P	3	3	1	3	P	3	1	2	0	1
18:	P	1	3	3	1	2	2	P	3	2	2	P	P	P	1	3	3	0

Figura 1. Matriz influencias directas MID diligenciadas en el software MICMAC

A partir de los resultados generados por el software, se analiza la Matriz de influencias directas, la Matriz de influencias indirectas, y la Matriz de influencia indirecta potencial, con el fin de identificar los factores claves para la industria de la moda sostenible en Colombia en escenarios de 10 o menos años, 11 a 15 años y 16 a 20 años, respectivamente.

### 3.3.1 Factores claves para la industria de la moda sostenible en escenarios a 10 o menos años

La matriz influencias directas MID permite la representación de los factores de cambio en un plano de influencias/dependencias directas arrojado por el software, como se muestra en la Figura 2.

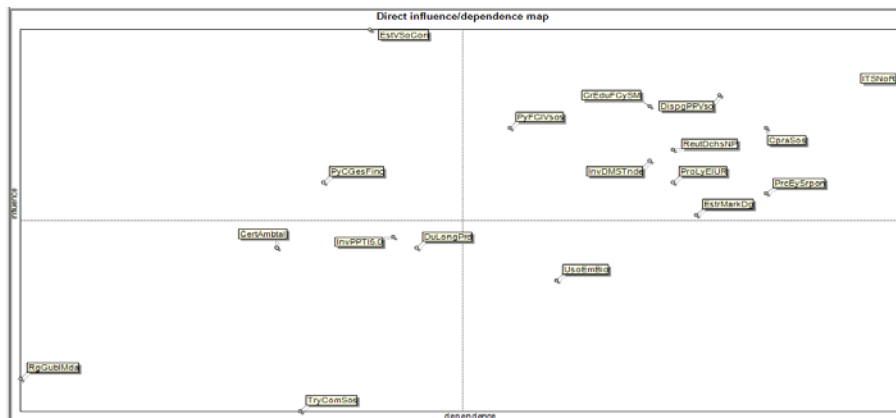


Figura 2. Plano de influencias/dependencias directas

Este plano de influencia/dependencia directa se compone por 4 cuadrantes, donde el eje horizontal (x) corresponde al nivel de dependencia de un factor respecto a los otros y el eje vertical (y) corresponde al nivel de influencia de cada factor sobre los otros.

El primer cuadrante se encuentra ubicado en la zona superior izquierda es considerado la zona de poder, ya que en este se encuentran las variables que tienen una alta influencia sobre las demás variables y una baja dependencia de las de las otras en un lapso de tiempo de un decenio. En el cuadrante de poder se ubican los factores de cambio: *Estilos de vida sostenible de los consumidores EstVSoCon* y *Planeación y control de la gestión financiera PyCGesFinc*.

El segundo cuadrante se encuentra en la parte superior derecha del plano, y es denominado la zona de conflicto. En este cuadrante se encuentran aquellas variables que tiene alta dependencia e influencia. Es decir que reciben influencia o dependen de las variables de poder y que afectan las variables del cuadrante 3 o zona de salida (cuadrante inferior derecho). Las variables que tienen una alta dependencia e influencia son: *Implementar telas sostenibles con fibras naturales o recicladas ITSNoR*, *Crecimiento de educación formal consciente y sostenible en la moda CrEduFCySM*, *Disposición a pagar precios Premium por valor sostenible DispgPPVso*, *Percepción y fidelización de los clientes frente al valor sostenible de la marca PyFCIVsos*, *Compras sostenibles CpraSos*, *Reutilización de desechos en nuevos productos ReutDchsNP*, *Innovación en diseños de moda sostenible según tendencias InvDSMTnde*, *Producción más limpia y eficiencia en el uso de recursos ProLyEIUR*, *Practicas éticas y socialmente responsables PrcEySrpon* y *Estrategias de marketing digital EstrMarkDg*.

El tercer cuadrante inferior derecho se denomina zona de salida, y en este se ubican las variables resultado del sistema, es decir, las que dependen del resto de variables del sistema y que por lo tanto permiten medir la evolución del mismo, sin influir sobre las demás en el lapso de un decenio. El factor de cambio resultado para el sistema es: *Uso de empaques biodegradables UsoEmBio*.

El ultimo cuadrante denominado zona de independencia se encuentra en la zona inferior izquierda del plano. En este se encuentran las variables autónomas, las cuales no se ven influenciadas, ni depende de las demás variables. Estas variables fueron las siguientes: *Durabilidad o longevidad de los productos DuLongPrd*, *Innovación en procesos productivos haciendo uso de las tecnologías 5.0 InvPPT15.0*,

Finalmente, para identificar los factores de cambio sobre los cuales deberán las empresas de moda sostenible concentrar su atención para la proyección de escenarios futuros y formular sus estrategias a 10 o menos años, se calculó el valor estratégico de cada factor de cambio, el cual corresponde a la sumatoria del nivel de influencia y dependencia de cada factor, y se identifican los factores con mayor valor estratégico, tal y como se muestra en la Tabla 8 (Ver Influencia/Dependencia Directa).

**Tabla 8.** Valores estratégicos para Influencia/Dependencia directa, indirecta y potencial directa

Influencia/Dependencia Directa				Influencia/Dependencia Indirecta				Influencia/Dependencia Directa Potencial			
No. F.C.	N.I.	N.P.	V.P.	No. F.C.	N.I.	N.P.	V.P.	No. F.C.	N.I.	N.P.	V.P.
5	36	41	77	5	15275900000	16152440000	31428340000	9	43	45	88
11	34	33	67	11	14529040000	14078880000	28607920000	4	40	44	84
7	31	35	66	7	13344730000	14647190000	27991920000	10	40	42	82
2	33	30	63	2	13648620000	12762430000	26411050000	2	42	39	81
4	25	35	60	17	12664370000	13235440000	25899810000	5	39	41	80
17	29	31	60	13	12556570000	12875020000	25431590000	1	39	40	79
13	28	30	58	4	10890670000	14201050000	25091720000	7	40	38	78
9	40	18	58	9	16099130000	8948145000	25047275000	18	41	37	78
18	26	31	57	18	10923410000	13171380000	24094790000	13	37	39	76
15	23	32	55	10	12689990000	10318180000	23008170000	11	37	36	73
10	31	24	55	15	9574226000	13130150000	22704376000	17	35	37	72
6	17	26	43	6	7719666000	10683860000	18403526000	16	35	35	70
12	26	16	42	14	9105347000	8414846000	17520193000	14	38	29	67
1	21	19	40	1	8694893000	8749060000	17443953000	15	32	32	64
14	20	20	40	12	10248990000	7076494000	17325484000	6	29	35	64
16	20	14	34	16	7239849000	5708206000	12948055000	12	32	31	63
8	5	15	20	8	1883249000	5450439000	7333688000	3	29	30	59
3	8	3	11	3	3557817000	1043235000	4601052000	8	23	21	44
<b>Total</b>	<b>453</b>	<b>453</b>				<b>453</b>	<b>453</b>	<b>453</b>	<b>453</b>	<b>453</b>	

No. F.C. = Numeración del factor de cambio según la Tabla 7

N.I. = Nivel de influencia

N.P.= Nivel de dependencia

V.P.= Valor Estratégico

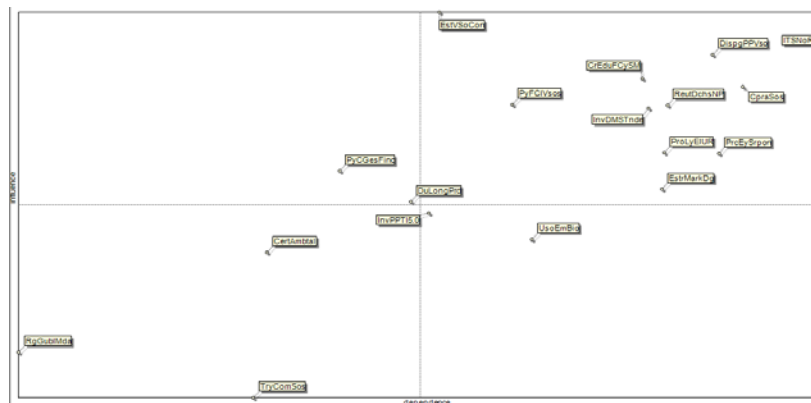
A partir del análisis anterior, se identifican los factores claves en un lapso de 10 o menos años, los cuales corresponden al 30% de las variables con un mayor valor estratégico: 5. *Implementar telas sostenibles con fibras naturales o recicladas* ITSNOR, 11. *Disposición a pagar precios premium por valor sostenible* DispGPPVso 7. *Compras sostenibles* CpraSos, 2. *Crecimiento de educación formal consciente y sostenible en la moda* CrEduFCySM, 4. *Prácticas éticas y socialmente responsables* PrcEySrpon y 17. *Reutilización de desechos en nuevos productos* ReutDchsNP. Estos factores presentan un doble rol: por un lado, su alto nivel de dependencia indica que son factores que las empresas pueden influenciar a través de otras variables del sistema de las que depende; y, por otro lado, su alto nivel de influencia refleja que su comportamiento a futuro afectará a otras variables del sistema. Esto hace que se conviertan en los factores claves sobre los cuales deben trabajar las empresas de moda sostenible en un lapso de 10 o menos años.

### 3.3.2 Factores claves para la industria de la moda sostenible en escenarios de 11 a 15 años

Para la proyección de escenarios y estrategias de 11 a 15 años se hizo el análisis de la matriz influencias indirectas MII, y el Plano de influencias/dependencias indirectas arrojados por el software MICMAC. El plano se muestra en la Figura 3.

En el primer cuadrante superior izquierdo o zona de poder se ubica la variable *Planeación y control de la gestión financiera* PyCGesFinc, siendo este factor de cambio de alta influencia sobre las demás variables del sistema a 11 a 15 años, al igual que en escenarios de 10 o menos años según la matriz MID. En este cuadrante también se encuentra la variable *Durabilidad o longevidad de los productos* DuLongPrd, la cual está ubicada muy cerca del cuarto cuadrante en la zona de independencia, donde se encontraba en la MDI.

Esta variable al tener un desplazamiento hacia la zona de poder se consideraría en un largo plazo influyente sobre las otras variables o factores de cambio.



**Figura 3.** Plano de influencias/dependencias indirectas

En el cuadrante superior derecho o zona de conflicto se ubican las mismas variables del análisis de influencias y dependencias directas MID, con excepción de la variable *Estilos de vida sostenible de los consumidores* EstVSoCon, la cual se desplazó de la zona de poder a la zona de conflicto, teniendo alta dependencia e influencia a 11 a 15 años, lo cual indica que a largo plazo esta variable también sería dependiente de otras variables del sistema y no solo influyente a corto y mediano plazo como lo muestra el plano MID.

En el cuadrante inferior derecho o zona de salida se ubica la variable *Uso de empaques biodegradables* UsoEmBio, manteniendo la posición del plano MID. Así mismo, se observa que la variable *Innovación en procesos productivos haciendo uso de las tecnologías 5.0* InvPPTI5.0 se desplazó de la zona de independencia al cuadrante de la zona de salida. Lo anterior indica que el comportamiento de estas dos variables en 11 a 15 años dependerá del resto de variables y, por lo tanto, serán las variables resultado esenciales para medir la evolución del sistema en ese lapso de tiempo.

Por último, en el cuadrante inferior izquierdo o zona de independencia se ubican las variables autónomas en un largo plazo de 11 a 15 años, las cuales no se ven influenciadas por las demás ni depende de las otras variables. Estas son: *Certificación Ambiental* CertAmbtal, *Regulación gubernamental de la industria de la moda* RgGubIMda y *Transporte y comercialización sostenible* TryComSos.

Para la identificación de los factores de cambio que serán claves a 11 a 15 años, se seleccionan las variables del segundo cuadrante (superior derecho) o zona de conflicto del plano de Influencias indirectas MII, ya que presentan alta influencia y dependencia, pudiéndose manipular a través de otras y afectar a otras a través de ellas.

Las variables que se encuentran en este cuadrante son : *Percepción y fidelización de clientes frente al valor sostenible de la marca* PyFCIVsos, *Crecimiento de educación formal consiente y sostenible de la moda* CrEduFCySM, *Disposición a pagar precios premium por valor sostenible* DispGPPVso, *Reutilización de desechos en nuevos productos* ReutDchsNP, *Innovación en diseños de moda sostenible según tendencias* InvDMSTnde, *Producción más limpia y eficiencia en el uso de recursos* ProLyEIUR, *Compras sostenibles* CpraSos, *Implementar telas sostenibles con fibras naturales o recicladas* ITSNoR, *Prácticas éticas y socialmente responsables* PrcEySrpon, *Estrategias de marketing digital* EstrMarkDg y *Estilos de vida sostenible de los consumidores* EstVSoCon.

Teniendo en cuenta que es recomendable seleccionar máximo el 30% de las variables como estratégicas o claves, se realiza el cálculo del valor estratégico haciendo la suma de su valor de influencia y su valor de dependencia, el cual se muestra como la Tabla 8 (Ver Influencia/Dependencia Indirecta). Las variables se ordenan según su valor estratégico para así seleccionar las 6 variables con mayor influencia y dependencia del sistema, que serán las variables claves para el futuro de la moda sostenible en Colombia en 11 a 15 años.

A partir de la Tabla 8 se concluye que los factores de cambio que se convierten en las variables estratégicas en 11 a 15 años, y que por lo tanto deben guiar la proyección de escenarios y estrategias a largo plazo, son: 5. *Implementar telas sostenibles con fibras naturales o recicladas* ITSNoR, 11. *Disposición a pagar precios premium por valor sostenible* DispGPPVso, 7. *Compras sostenibles* CpraSos, 2. *Crecimiento de educación formal consciente y sostenible en la moda* CrEduFCySM, 17. *Reutilización de desechos en nuevos productos* ReutDchsNP y 13. *Innovación en diseños de moda sostenible según tendencias* InvDMSTnde. Lo anterior indica que los factores de cambio 5, 11, 7, 2 y 17 son variables estratégicas tanto en escenarios de 10 años, como en escenarios de 11 a 15 años, y la variable 13. *Innovación en diseños de moda sostenible según tendencias* InvDMSTnde pasa a convertirse en estratégica a más largo plazo (11 a 15 años), desplazando el factor 4. *Prácticas éticas y socialmente responsables* PrcEySrpon, el cual era clave para escenarios de 10 o menos años.

### 3.3.3 Factores claves para la industria de la moda sostenible en escenarios a 16 a 20 años

Para la proyección de escenarios y estrategias a 16 a 20 años se hizo el análisis de del Plano de influencias/dependencias potenciales directas MPDI arrojado por el software MICMAC, el cual se usa para estudiar las variables en un periodo más largo de tiempo (16 a 20 años). El plano se muestra en la Figura 4.

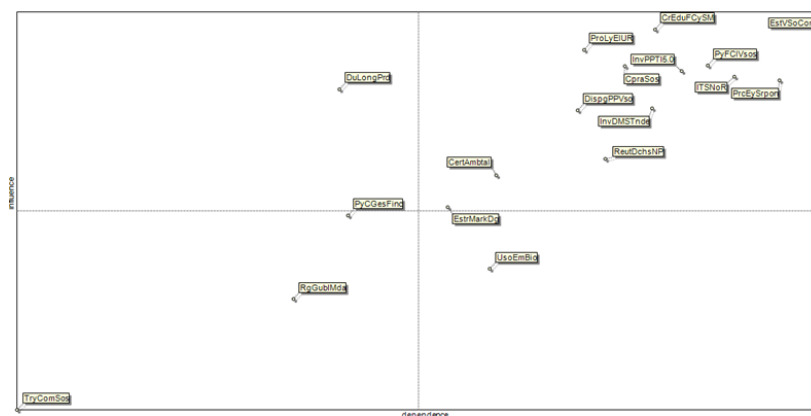


Figura 4. Gráfica Plano de influencias/ dependencias indirectas potenciales

Se observa que en primer cuadrante (superior izquierdo) *zona de poder*, se encuentra la variable *Durabilidad o longevidad de productos* DuLongPrd, siendo una variable que influirá fuertemente el sistema en 16 a 20 años. En el segundo cuadrante (superior derecho) o *zona de conflicto* se observa que se desplazan algunas variables dentro del mismo cuadrante, y se ubica una nueva variable *Estrategias de marketing digital* EstrMarkDg, lo cual indica que para un periodo de 16 a 20 años esta variable que se encontraba en la *zona de independencia* dependerá e influirá en los otros factores de cambio.

En el tercer cuadrante (inferior derecho) o *zona de salida*, se ubica la variable *Uso de empaques biodegradables* UsoEmBio, lo cual indica que será una variable resultante que permitirá medir la evolución del sistema. En el último cuadrante (inferior izquierdo) *Zona de independencia*, se evidencia que persisten las siguientes variables autónomas, las cuales no influirán ni dependerán de las otras: *Planeación y control de la gestión financiera* PyCGesFinc, *Transporte y comercialización sostenible* TryComSos y *Regulación gubernamental de la industria de moda* RgGubIMda.

Finalmente, para identificar los factores de cambio sobre los cuales deberán las empresas de moda sostenible concentrar su atención para la proyección de escenarios futuros y formular sus estrategias a 16 a 20 años, se calculó el valor estratégico de cada factor de cambio ubicado en la zona de conflicto (sumatoria del nivel de influencia y dependencia) y se seleccionaron aquellos con mayor valor estratégico, tal y como se muestra en la Tabla 8 (Ver Influencia/Dependencia Potencial Directa).

A partir del análisis anterior, se identifican los factores claves sobre los cuales deben trabajar las empresas de moda sostenible en escenarios de 16 a 20 años, los cuales corresponden al 30% de las variables con mayor valor estratégico. Estas son: 9. *Estilos de vida sostenibles de consumidores* EstVSoCon, 4. *Prácticas éticas y socialmente responsables* PrcEySrpon, 10. *Percepción y fidelización de clientes frente al valor*

*sostenible de la marca PyFCIVsos, 2. Crecimiento de educación formal consciente y sostenible en la moda CrEduFCySM, 5. Implementar telas sostenibles con fibras naturales o recicladas ITSNoR, y 1. Innovación en procesos productivos haciendo uso de tecnologías de la industria 5.0 InvPPTI5.0.* Estos factores son claves, dado que se pueden influenciar a través de otras variables del sistema, al ser dependientes, y a su vez su comportamiento a futuro puede afectar otras variables del sistema, al ser influyentes.

Llama la atención la relevancia de la variable 2. *Crecimiento de educación formal consciente y sostenible en la moda CrEduFCySM*, que es la única que se mantiene como variable estratégica en los tres escenarios de tiempo analizados (10 o menos años, 11 a 15 años y 16 a 20 años). Se resalta que se presenta un cambio importante en los factores claves a muy largo plazo (16 a 20 años) frente a los factores estratégicos de largo plazo (11 a 15 años), pues solo los factores 2 y 5 se mantienen de la clasificación anterior, siendo relevantes para estos dos tipos de escenarios de tiempo; y aparecen por primera vez en la lista de variables claves los factores 9, 4, 10, y 1.

#### 4. CONCLUSIONES

Este estudio permitió a través una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos Scopus y ScienceDirect mediante la ecuación de búsqueda ((Trends OR Future OR prospective) AND ("sustainable fashion" OR ecofashion OR "Slow fashion" OR "ethical fashion")), identificar 41 publicaciones útiles para el estudio, a partir de las cuales se identificaron 18 variables endógenas y 19 variables exógenas que pueden afectar el entorno de la moda sostenible en Colombia.

A partir de estas 41 variables, se identificaron 18 factores de cambio cuya situación en el futuro es incierta, y que por lo tanto generan incertidumbre para el futuro de la moda sostenible en Colombia, los cuales fueron categorizados en factores del macro-entorno, micro-entorno y organizacionales. A partir de lo anterior, se realizó el análisis estructural, aplicando la herramienta MICMAC con la participación de 4 especialistas: un especialista en sostenibilidad, una diseñadora y profesora de diseño de modas, un consumidor con conciencia ambiental y una empresaria de marca de moda sostenible.

El análisis estructural permitió determinar aquellas variables claves sobre las cuales deben concentrar sus esfuerzos las empresas de moda sostenible para formular sus escenarios prospectivos y para guiar su estrategia empresarial a mediano plazo (10 o menos años), largo plazo (11 a 15 años) y muy largo plazo (16 a 20 años) para lograr altos estándares de competitividad en el mercado. Estas variables clave se caracterizan por un alto nivel de dependencia, que indica que son factores que las empresas pueden influenciar a través de otras variables del sistema de las que dependen; y, tienen un alto nivel de influencia, que señala que su comportamiento a futuro podrá afectar a otras variables, características que las hacen relevantes para el sistema.

El análisis estructural permite concluir que los factores de cambio claves para el futuro de las empresas de moda sostenible en Colombia a 10 o menos años son: 5. *Implementar telas sostenibles con fibras naturales o recicladas ITSNoR*, 11. *Disposición a pagar precios premium por valor sostenible DispGPPVso* 7. *Compras sostenibles CpRaSos*, 2. *Crecimiento de educación formal consciente y sostenible en la moda CrEduFCySM*, 4. *Prácticas éticas y socialmente responsables PrcEySrpon* y 17. *Reutilización de desechos en nuevos productos ReutDchsNP*.

En escenarios de 11 o 15 años, se mantienen como variables clave sobre las cuales las empresas de moda sostenible deben planificar sus escenarios y estrategias los factores 5, 11, 7, 2 y 17, surgiendo como relevante el factor 13. *Innovación en diseños de moda sostenible según tendencias InvDMSTnde*.

Finalmente, para escenarios de 16 a 20 años, solo se mantiene como relevante el factor 2. *Crecimiento de educación formal consciente y sostenible en la moda CrEduFCySM*, el cual juega un rol importante para el sector de moda sostenible a mediano plazo (10 años o menos), largo plazo (11 a 15 años) y muy largo plazo (16 a 20 años), y el factor 5. *Implementar telas sostenibles con fibras naturales o recicladas ITSNoR*, que es significativo para este tipo de empresas a largo plazo (11 a 15 años) y muy largo plazo (16 a 20 años).



En procesos prospectivos a muy largo plazo (16 a 20 años) surgen nuevas variables estratégicas como: 9. *Estilos de vida sostenibles de consumidores* EstVSoCon, 4. *Prácticas éticas y socialmente responsables* PrcEySrpon, 10. *Percepción y fidelización de clientes frente al valor sostenible de la marca* PyFCIVsos, y 1. *Innovación en procesos productivos haciendo uso de tecnologías de la industria 5.0* InvPPT15.0, sobre los cuales deben las empresas de moda sostenible concentrar su estrategia empresarial.

## REFERENCIAS

- [1] Martínez A. (2020). Moda sostenible: Más allá del prejuicio científico, un campo de investigación de prácticas sociales. *Sociedad y Economía* 40.
- [2] UNCTAD. (2019). El costo ambiental de estar a la moda.
- [3] Barrullas J. (2019). Interviewee, Adiós al 'Fast fashion': Crece la vergüenza de comprar. *Entrevista*.
- [4] Greenpeace México. (2021). Fast fashion: de tu armario al vertedero.
- [5] Green Forest. (2019). ¿De verdad sabes que es la moda sostenible? El auténtico significado de vestir sustentable.
- [6] Centobelli D. et al. (2022). Slowing the fast fashion industry: An all-round perspective. *Green and Sustainable*.
- [7] Soler N. (2019). Adiós al 'Fast fashion': Crece la vergüenza de comprar. *Entrevista*.
- [8] Inexmoda. (2018). ¿Cómo está Colombia en materia de moda?
- [9] Chung A. (2017). Teoría y práctica de la prospectiva. Alfaomega.
- [10] Bolesnikov M. et al. (2022). Perception of innovative usage of ai in optimizing customer purchasing experience within the sustainable fashion industry.
- [11] Leclercq L. et al. (2022). Sustainable fashion and consumption patterns in Peru: An environmental-attitude-intention-behavior analysis.
- [12] Mohr I. et al. (2022). A triple-trickle theory for sustainable fashion adoption: The rise of a luxury trend. *Journal of Fashion Marketing and Management*.
- [13] Centobelli P. et al. (2022). Slowing the fast fashion industry: An all-round perspective. *Current Opinion in Green and Sustainable*.
- [14] Busalim A. et al. (2022). Consumer behavior in sustainable fashion: A systematic literature review and future research agenda. *International Journal of Consumer*.
- [15] Pedersen E. et al. (2022). Diffusing corporate sustainability knowledge with online education: experiences from a massive open online course (MOOC) on sustainable fashion. *Journal of International Education in Business*.
- [16] Mandarić D. et al. (2022). The Impact of fashion brand sustainability on consumer purchasing decisions. *Journal of Risk and Financial Management*.
- [17] Thakker A. y Sun D. (2022). Ecological application of natural biomaterial on natural fibres. *Cleaner Materials*.
- [18] Xue S. et al. (2022). Consumption of traditional handicraft fashion: Motivations, intentions and behaviours of Chinese consumers. *Cleaner and Responsible Consumption*.
- [19] Haines S. y Lee S. (2022). One size fits all? Segmenting consumers to predict sustainable fashion behavior. *Journal of Fashion Marketing and Management*.
- [20] Tam F. y Lung J. (2022). Impact of Covid-19 and innovative ideas for a sustainable fashion supply chain in the future. *Foresight*.
- [21] Pitoska E. y Kataraxia A. (2022). Circular economy and the clothing industry. Springer.
- [22] Youn C. y Jung H. (2021). Semantic network analysis to explore the concept of sustainability in the apparel and textile industry. *Sustainability*.
- [23] Nayak R. et al. (2021). Fashion waste management problem and sustainability: A developing country perspective. *Waste Management in the Fashion and Textile Industries*.
- [24] Adamkiewicz J. et al. (2022). Greenwashing and sustainable fashion industry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*.
- [25] Colasante A. y D'Adamo I. (2021). The circular economy and bioeconomy in the fashion sector: Emergence of a "sustainability bias". *Journal of Cleaner Production*.
- [26] Xu J. (2022). Exploring sustainable fashion consumption behavior in the post-pandemic era: Changes in the antecedents of second-hand clothing-sharing in China. *Sustainability -Journal*.
- [27] Castagna A. et al. (2022). Slow fashion or self-signaling? Sustainability in the fashion industry. *Sustainable Production and Consumption*.
- [28] Johnstone L. y Lindh C. (2022). Sustainably sustaining (online) fashion consumption: Using influencers to promote sustainable (un)planned behaviour in Europe's millennials. *Journal of Retailing and Consumer Services*.
- [29] Amicarelli V. y Bux C. (2022). Quantifying textile streams and recycling prospects in Europe by material flow analysis. *Journal Environmental Impact Assessment Review*.
- [30] Gomes L. et al. (2022). Sustainable practices in slow and fast fashion stores: What does the customer perceive? *Journal Cleaner Engineering and Technology*.
- [31] Ikram M. (2022). Transition toward green economy: Technological Innovation's role in the fashion industry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*.
- [32] Ruoh Y. et al. (2021). Predicting clothing disposal: The moderating roles of clothing sustainability knowledge and self-enhancement values. *Cleaner and Responsible Consumption*.
- [33] Wang L. et al. (2022). Preferred product attributes for sustainable outdoor apparel: A conjoint analysis approach. *Sustainable Production and Consumption*.
- [34] Dangelico R. et al. (2022). Investigating the antecedents of consumer behavioral intention for sustainable fashion products: Evidence from a large survey of Italian consumers. *Technological Forecasting and Social Change*.

- [35] Karnad V. y Udiaver V. (2022). Social manufacturing in the fashion industry to generate sustainable fashion value creation. *Digital Manufacturing Technology for Sustainable Anthropometric Apparel*.
- [36] West J. et al. (2021). A bottom up approach to slowing fashion: Tailored solutions for consumers. *Journal of Cleaner Production*.
- [37] Xue Z. y Huang Z. (2022). Current development and future prospects of designing sustainable fashion. *Autex Research Journal*.
- [38] Sinha P. y Sharma M. (2022). A systematic review and future research agenda for sustainable fashion in the apparel industry. *Benchmarking*.
- [39] Copeland L. y Masa S. (2022). Social responsibility of apparel: A study of gen Z: An abstract. *Academy of Marketing Science*.
- [40] Cooper T. y Claxton S. (2022). Garment failure causes and solutions: Slowing the cycles for circular fashion. *Journal of Cleaner Production*.
- [41] Henninger C. et al. (2021). Collaborative fashion consumption – A synthesis and future research agenda. *Journal of Cleaner Production*.
- [42] Saha I. et al. (2022). New age zero waste sustainable apparel industry: Design practices, innovative approaches, and technological intervention. *Circular Economy and Sustainability*.
- [43] Zakaria N. et al. (2022). Sustainable apparel technical and vocational education and training (TVET): Integrating technology for skills training. *Digital Manufacturing Technology for Sustainable Anthropometric Apparel*.
- [44] Fuxman L. et al. (2022). The new 3Ps of sustainability marketing: The case of fashion. *Sustainable Production and Consumption*.
- [45] Talay C. et al. (2022). The impact of asymmetric supply chain relationships on sustainable product development in the fashion and textiles industry. *Journal of Business Research*.

# Identificación y valoración de riesgos en la fábrica Inversiones F.B en el municipio de Gachalá, Colombia

Angye Lizbeth Mahecha Alfonso<sup>1</sup>

Cesar Alejandro García Moleno<sup>2</sup>

*Fundación Universitaria San Mateo, Colombia*

El cultivo de tomate es una actividad agrícola importante y representa una fuente de ingresos en diversos países, sin embargo, el sector enfrenta múltiples riesgos que pueden afectar la productividad, rentabilidad y sostenibilidad. Entre estos riesgos se incluyen, por ejemplo, las condiciones climáticas extremas, plagas, enfermedades y exposición a pesticidas, que pueden causar afectaciones a los trabajadores, como intoxicación aguda, irritación dérmica u ocular, enfermedades respiratorias, efectos en el sistema nervioso y cáncer. Esto quiere decir que los trabajadores de agrícolas tienen el doble de riesgo de morir en el trabajo que los que se dedican a otros sectores. Millones de empleados agrícolas en el mundo resultan gravemente heridos en accidentes de trabajo con maquinaria agrícola o se envenenan con pesticidas u otros productos agroquímicos. Además, el registro generalizado de las muertes, las lesiones y las enfermedades profesionales en el sector de la agricultura hacen pensar que la situación real de la seguridad y la salud en el trabajo probablemente sea peor de lo que indican las estadísticas oficiales. En 2012 la variable de accidentes laborales en el sector de la agricultura y la ganadería tuvo una tasa de 6,75% por cada 100 trabajadores. Los siguientes sectores con mayor tasa de morbilidad laboral fueron la industria manufacturera y la agricultura. A su vez, el Observatorio de Seguridad y Salud en el Trabajo reporta que, en Colombia, ese año la tasa de accidentabilidad laboral fue de 4,76% por cada 100 trabajadores, casos registrados 394, enfermedades profesionales 0,9% y mortalidad 5,63%. La mayor productividad que representan los sectores son agricultura, ganadería, caza y silvicultura, minas y canteras, manufactura, construcción y energía eléctrica, por lo que en Colombia la agricultura tiene el mayor porcentaje [1].

---

<sup>1</sup> Técnico profesional en el manejo de riesgos laborales. Contacto: [almahecha@sanmateo.edu.co](mailto:almahecha@sanmateo.edu.co)

<sup>2</sup> Químico, Especialista en análisis químico instrumental y Magíster en métodos de investigación en educación. Contacto: [calejandrogarcia@sanmateo.edu.co](mailto:calejandrogarcia@sanmateo.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario es el conjunto de actividades relacionadas con la cultivación de la tierra, abarca desde la producción de cosechas hasta la distribución de plantas, representando un pilar fundamental para la economía del país. Dentro de este panorama, la producción de tomates se destaca como un componente esencial; no obstante, esta actividad conlleva una serie de desafíos que pueden tener un impacto tanto en la calidad de los productos como en la salud de los trabajadores y el entorno ambiental.

Los desafíos asociados a la producción de tomates están estrechamente relacionados con todas las etapas del proceso productivo. Los factores de riesgo se encuentran en diversas tareas, y estos elementos se relacionan con factores como el tiempo de exposición, las condiciones laborales y las prácticas inseguras, lo cual contribuye a un incremento en la probabilidad de padecer enfermedades laborales y accidentes [2].

La identificación y evaluación de riesgos en el sector agrícola tomatero se convierte en un proceso esencial para reconocer y analizar los peligros existentes en el entorno laboral, con el propósito de establecer medidas preventivas efectivas que permitan su control y reducción. Esta evaluación integral toma en consideración una variedad de factores, incluyendo las actividades realizadas en las instalaciones, el tipo de maquinaria y equipo empleado, así como la manipulación de productos químicos y materiales diversos [3].

En el contexto específico del sector agrícola tomatero, la identificación y valoración de riesgos se vuelve un paso crítico para salvaguardar la salud y el bienestar de los trabajadores. Los empleados de la empresa pueden verse expuestos a una gama diversa de peligros en su ambiente laboral, como accidentes potenciales, enfermedades laborales y la posible exposición a sustancias químicas perjudiciales.

En este sentido, este estudio investigativo se adentra en el análisis profundo de los riesgos laborales en el sector agrícola, específicamente centrado en la producción de tomates, y más aún en el contexto de la empresa que se dedican en este sector. A través de esta investigación, se pretende no solo identificar los riesgos presentes, sino también proponer estrategias concretas para mitigarlos, buscando un equilibrio entre la productividad agrícola y la seguridad y salud de los trabajadores. El objetivo central de este proceso investigativo es identificar los posibles riesgos que podrían comprometer la salud y seguridad de los trabajadores en su ámbito laboral. En consonancia con esta meta, se busca implementar medidas preventivas sólidas que tengan el efecto de minimizar y controlar tales riesgos. Esta tarea se basa en una evaluación exhaustiva de los procedimientos productivos y los elementos de riesgo presentes en la compañía, enfocándose particularmente en el contexto de la producción de tomates en la Fábrica Inversiones F.B [4].

Una vez se han identificado los riesgos pertinentes, el siguiente paso es valorarlos con el propósito de determinar su nivel de peligrosidad. A partir de esta evaluación, se plantean estrategias específicas de control para abordar los riesgos potenciales y se implementan medidas preventivas orientadas a reducir al mínimo las amenazas identificadas. Para llevar a cabo este análisis en profundidad, se ha empleado la metodología GTC 45, la cual se revela como idónea debido a la aplicación de plaguicidas en el sector agrícola tomatero. La manipulación y aplicación de estas sustancias químicas en la preparación de mezclas conllevan ciertos riesgos, lo que justifica la elección de esta metodología en el estudio.

En este contexto, el enfoque investigativo se dirige hacia la fábrica de tomates, la cual asume un rol fundamental en el cultivo y aporte de tomates frescos de alta calidad a nivel nacional para el consumo humano. Desde su inicio estas fábricas han generado oportunidades laborales para los campesinos. En este sentido, el presente proyecto se erige como una iniciativa con el propósito de concienciar a los trabajadores de dicha fábrica acerca de los riesgos potenciales a los que se exponen diariamente

El estudio busca contribuir al proceso de identificación y valoración de los riesgos laborales, resaltando la relevancia de fomentar una cultura de seguridad en el lugar de trabajo. A través de la sensibilización y el análisis riguroso, se pretende empoderar a los trabajadores en la toma de decisiones informadas y en la adopción de prácticas seguras, en última instancia, para salvaguardar su bienestar y el éxito continuo de la producción agrícola tomatera.

## 2. MÉTODO

Esta investigación se llevó a cabo utilizando una metodología, el cual tiene un alcance de tipo descriptivo que es utilizado para describir cualidades características de un fenómeno o grupo de personas, su función principal es profundizar, describir o medir conceptos o situaciones [5], es descriptivo ya que se describen los peligros a los cuales están expuestos los trabajadores y se valoran los niveles de riesgos para así lograr saber cuáles son los factores potenciales que afectan los trabajadores y aplicar los diferentes controles para mitigar o controlar los riesgos y peligros. Se aplicó una investigación de campo cuasi experimental que es un tipo de estudio que se realiza en un entorno natural, como una comunidad, una organización o un lugar de trabajo, y que emplea un diseño para evaluar el efecto de una intervención o tratamiento en un grupo de sujetos [6]. Es cuasi experimental ya que nos permitió evaluar e identificar los riesgos más minuciosamente con el objetivo de determinar las mejores prácticas para aplicar los diferentes controles, y así minimizar los riesgos y proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

Con base a lo anterior se describe con un corte transversal cualitativo mixto donde se toman datos de un momento dado, ya que nos ayuda a la recopilación de datos de diferentes fuentes y perspectivas, este enfoque nos permite integrar datos cualitativos y cuantitativos, el cualitativo nos ayudó con un análisis visual y a adquirir información para la realización de la matriz de riesgos como para el desarrollo del trabajo, el cuantitativo nos ayudó a desarrollar la parte numérica de la matriz como asignando valores para medir la probabilidad de impacto así como la evaluación del riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores y la parte estadística la cual nos ayudó con los resultados del sector agrícola tomatero.

### 2.1 Población

La fábrica Inversiones F.B se encuentra ubicada en el municipio de Gachalá, Colombia, y se encarga de la siembra de cultivos de tomates la cual cuenta con 9 de trabajadores, el 16,7% son mujeres y el 33,3% son hombres (Figura 1); las actividades realizadas en este sector son las siguientes: preparación de la tierra, sembrado, fumigado, colecta de la cosecha, empacado y distribución de tomates.

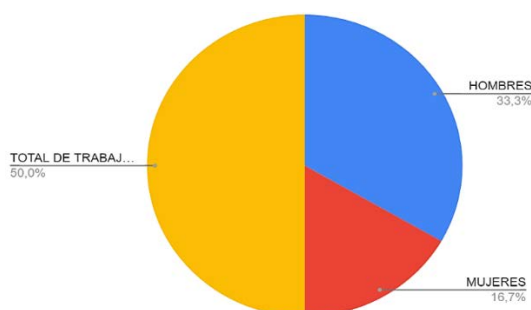


Figura 1. Cantidad de trabajadores

### 2.2 Fases metodológicas

En la Tabla 1 se describen las fases de la investigación.

Tabla 1. Fases metodológicas

Fase	Acciones y actividades	Recolección de datos	Entregable
Establecer el proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se construyó una encuesta para identificar el proceso productivo de cada trabajador.</li> <li>Se aplicó la encuesta a cada uno de los colaboradores de la FÁBRICA INVERSIONES F.B con una durabilidad de 1 hora.</li> <li>Se realizó una tabla describiendo cada proceso productivo.</li> <li>Se analizaron los resultados mediante gráficas y estadística descriptiva.</li> <li>Se realizó una ficha IPVR donde se observa algunos riesgos que pueden afectar a los de la fábrica.</li> </ul>	Se utilizó una técnica de observación sistemática y se realizó una tabla que describe el proceso productivo, también se realizó un instrumento el cual fue una encuesta que consta de preguntas de selección múltiple para determinar el proceso productivo al que pertenece cada trabajador.	Registro de las encuestas.

Realizar la valoración de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se aplicó la GTC 45 durante un periodo de 3 meses y medio para la elaboración de la matriz de identificación de peligros y valoración de los riesgos.</li> <li>Se observó y se describió el proceso productivo y las tareas.</li> <li>Describir si la tarea es rutinaria o no rutinaria y la zona o lugar donde se realizan las actividades y tareas.</li> <li>Describir los posibles peligros identificados, clasificarlos y los posibles efectos que pueden causar.</li> <li>describir cada uno de los controles existentes como la fuente, el medio y el individuo.</li> <li>Realizar la evaluación y la valoración de los riesgos y describir la aceptabilidad que tiene cada uno.</li> <li>Describir la cantidad de trabajadores que hay en la fábrica Inversiones F.B y el tiempo de exposición que tienen los colaboradores.</li> </ul>	Técnica de observación e Instrumento, Guía Técnica Colombiana GTC 45 del 2012 la cual consta de 5 filas y 27 columnas, la cual las columnas constan de la siguiente información: Actividad, Tarea, tipo de actividad, clasificación del peligro, descripción del peligro (fuente), efectos posibles, controles existentes los cuales son: fuente medio individuo, evaluación de riesgos que consta de: ND, NE, NP (ND X NE), NP, NC, NR, valoración de riesgo, aceptabilidad, número de expuestos, tiempo de exposición, eliminación, sustitución, control de ingeniería, controles administrativos, señalización y elementos de protección personal.	Matriz de riesgos GTC 45.
Proponer estrategias de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar los resultados que se obtuvieron en el nivel del riesgo en la matriz de peligros.</li> <li>Describir y determinar las estrategias de acuerdo con los controles, como la eliminación, sustitución, control de ingeniería, control administrativo y los elementos de protección personal, dependiendo del peligro evidenciado en la fábrica Inversiones F.B.</li> </ul>	Establecer las estrategias de control de acuerdo con la jerarquización de controles teniendo como base las normativas vigentes.	Tabla de clasificación de controles por actividad.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Establecer el proceso productivo y factores de riesgos en la fábrica

En la Tabla 2 se muestran los resultados concernientes al objetivo 1: Establecer el proceso productivo y factores de riesgos en la fábrica Inversiones F.B, donde se realiza una tabla que describe el proceso del cultivo y las tareas que se realizan.

También se observa una gráfica la cual nos muestra el resultado de una encuesta aplicada.

**Tabla 2.** Proceso productivo de la fábrica

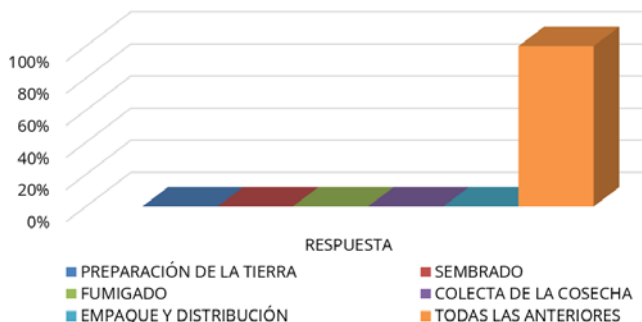
Actividad	Tarea
Preparación de la tierra	Limpiar el terreno se quita la maleza para que más adelante no afecte el cultivo, esto se realiza manual o con una pala o azadón después de esto, se ara el terreno para esto se utiliza un tractor y así la tierra quede suelta, luego se abona la tierra la cual se hace manual o con el tractor.
Sembrado	Realizar los surcos con una máquina o manual, luego se realizan los hoyos con una pala para así plantar las semillas luego de esto se abona la semilla y se tapa con un poco de tierra para así activar los aspersores y regar el cultivo.
Fumigado	Primero se prepara la mezcla introduce el pesticida en un fumigador y después de preparada la mezcla ya se puede fumigar el cultivo.
Colecta de la cosecha	Se seleccionan las cosechas que se encuentran listas para su recolección, después se limpia el terreno y se quitan las plantas que ya no sirven para preparar el terreno para la siguiente cosecha.
Empacado y distribución	Se limpia el producto para su debido empaque y clasificación en canastillas y por último se monta y almacena en el camión para su distribución.

Se observa la explicación de las tareas por la actividad que se realiza en el proceso de la cosecha, en el sector agrícola tomatero en estas se evidencian tales como la limpieza del terreno, arado del terreno, realización de los surcos, fumigación, siembra, abonado, selección de la cosecha entre otros.

En la Tabla 3 y la Figura 2 se evidencia el resultado de la encuesta aplicada para determinar el proceso productivo el cual realiza cada uno de los trabajadores en la fábrica tomatera. Se evidencia que el 100% de los trabajadores respondió la pregunta, dando a conocer que se dedican a todo el proceso productivo de la empresa.

**Tabla 3.** Proceso productivo que realizan los trabajadores de la Fábrica

Proceso productivo	Respuesta
Preparación de la tierra	0%
Sembrado	0%
Fumigado	0%
Colecta de la cosecha	0%
Empaque y distribución	0%
Todas las anteriores	100%



**Figura 2.** Proceso productivo que realizan los trabajadores de la fábrica

A continuación, en la Tabla 4 se observa una ficha IPVR donde se encuentran los factores de riesgo que afectan a los trabajadores de la fábrica.

**Tabla 4.** Ficha IPVR

Exp.	Factores de riesgo	Fuente generadores	Control			Posibles efectos
			F	M	I	
Físicos	Temperaturas extremas, vibraciones	Tractor, el medio ambiente.	X		X	Fatiga visual, dolor de cabeza, irritabilidad, y manchas en la piel, quemaduras por el sol.
Químicos	partículas, aerosoles, líquidos y soluciones.	Químicos de fumigación, polvos orgánicos e inorgánico			X	Cáncer, irritación de la piel, enfermedades pulmonares.
Biológicos	Virus, bacterias, animales, plantas, parásitos, hongos, mordeduras.	Picaduras de animales insectos, plantas venenosas, mordeduras de animales venenosos.	X	X	X	Enfermedades respiratorias, enfermedades transmitidas por agentes patógenos.
OH	Biomecánicos	Posturas, esfuerzo, movimientos repetitivos, manipulación de carga.	X	X	X	Lumbalgia, hernias, cervicales, desviación de columna, movimientos repetitivos, túnel del carpo, manguito rotador,
	Psicosociales	Gestión de la organización, sobrecarga laboral.			X	Carga mental, estrés, fatiga, horas extras, cefaleas, manchas en la piel.
Condiciones de seguridad	Mecánicas, locativos.	Orden y aseo, condición de las instalaciones o de los equipos de trabajo.	X	X	X	Cortaduras, golpes, moretones, fracturas, atrapamientos
Fenómenos naturales	Sismo, terremotos, vendaval, incendios forestales, inundaciones, precipitaciones.	Los sismos atrapamiento entre objetos, inundaciones y contaminación de las fuentes de agua pueden generar precipitaciones.		X	X	Quemaduras, golpes, traumatismos, atrapamiento, daños a la materia prima y muerte.

Se evidencian los factores de riesgos a los que están expuestos los trabajadores, donde predominan los físicos, químicos, biológicos, biomecánicos, psicosociales y condiciones de seguridad, las fuentes generadoras son las siguientes: maquinarias, pesticidas, herramientas, caídas a nivel, caídas a desnivel, sobrecarga laboral, movimientos repetitivos, manipulación de cargas y picaduras de insectos, entre otros.

### 3.2 Realizar la valoración de riesgos a los a los que están expuestos los trabajadores del área tomatera

En el código QR de la Figura 3 se puede encontrar la matriz de riesgos de la fábrica, que muestra los resultados concernientes al objetivo 2.





Figura 3. Matriz de riesgos

Se observa todo el proceso realizado durante la identificación de peligros y valoración de riesgos durante el proceso productivo del tomate, desde la preparación de la tierra hasta la colecta de la cosecha. A continuación, se muestra el nivel de exposición que tiene cada trabajador de acuerdo con el proceso productivo en la fábrica. En la Tabla 5 y la Figura 4 se observa la preparación de la tierra.

Tabla 5. Preparación de la tierra

Clasificación del riesgo	Nivel del riesgo
Biológicos	200
Físicos	40
Químicos	360
Psicosocial	40
Biomecánicos	1080
Condiciones de seguridad	150
Fenómenos naturales	150

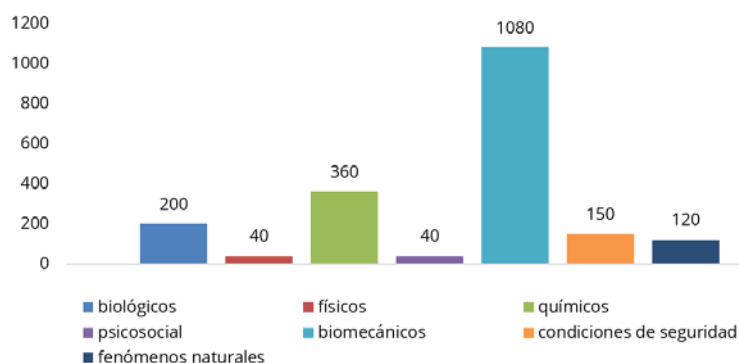


Figura 4. Preparación de la tierra

En la Figura 4 se evidencia de que el factor de riesgos al que más están expuestos los trabajadores, que realizan la preparación de la tierra, es a condiciones de seguridad con un nivel de riesgo de 1080 debido al mal uso de los elementos de protección personal, al desorden de las herramientas, a caídas a nivel y desnivel entre otras.

En la Tabla 6 y la Figura 5 se observa el sembrado. En la Figura 5 se evidencia de que el factor de riesgos al que más están expuestos los trabajadores, que realizan la siembra de la cosecha, es a físicos con un nivel de riesgo de 1080 debido a temperaturas extremas, que puede causar a los trabajadores, cefaleas, agotamiento debilidad, urticarias, entre otras.

Tabla 6. Sembrado

Clasificación del riesgo	Nivel del riesgo
Biológicos	200
Físicos	1080
Químicos	360
Psicosociales	100
Biomecánicos	480
Condiciones de seguridad	50
Fenómenos naturales	120

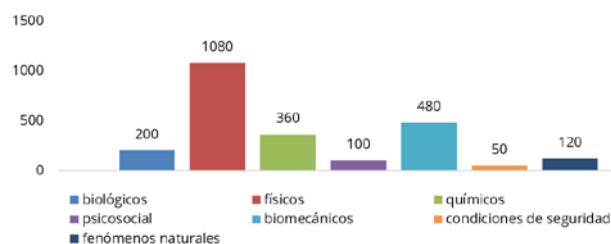


Figura 5. Sembrado

En la Tabla 7 y la Figura 6 se observa el fumigado. En la Figura 6 5 se evidencia de que el factor de riesgos al que más están expuestos lo trabajadores, que realizan la fumigación de los cultivos, es a los químicos con un nivel de riesgo de 1800 debido, a la exposición a polvos orgánicos y pesticidas causando a los trabajadores afecciones como intoxicación, quemaduras, cáncer, cefaleas, enfermedades respiratorias, mareos entre otros.

Tabla 8. Fumigado

Clasificación del riesgo	Nivel del riesgo
Biológicos	200
Físicos	1080
Químicos	1800
Psicosocial	100
Biomecánicos	360
Condiciones de seguridad	50
Fenómenos naturales	120

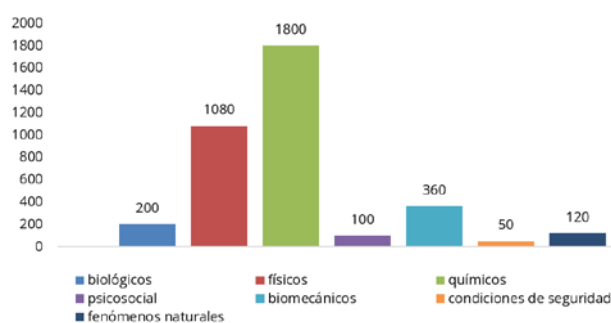


Figura 6. Fumigado

En la Tabla 8 y la Figura 7 se observa la colecta de cosecha. En la Figura 7 se evidencia de que el factor de riesgos al que más están expuestos lo trabajadores, que realizan la colecta de la cosecha, es a físicos y químicos con un nivel de riesgo de 1800 debido a que se encuentran expuestos los trabajadores a polvos orgánicos, temperaturas extremas, causando al trabajador, enfermedades respiratorias, urticarias, túnel del carpo, cáncer, entre otro tipo de afecciones.

Tabla 8. Colecta de la cosecha

Clasificación del riesgo	Nivel del riesgo
Biológicos	360
Físicos	1800
Químicos	1800
Psicosocial	360
Biomecánicos	360
Condiciones de seguridad	360
Fenómenos naturales	360

En la Tabla 9 y la Figura 8 se observa el empaque y la distribución. En la Figura 8 se evidencia de que el factor de riesgos al que más están expuestos lo trabajadores, que realizan empaque y distribución, es a condiciones de seguridad y biomecánicos con un nivel de riesgo de 1800 debido a la postura en la que se encuentran durante la jornada de trabajo y la organización de su área de trabajo y así generando más adelante afecciones como: manguito rotador, túnel del carpo, desviación de columna, lumbalgias caídas a nivel y desnivel, cortaduras, golpes entre otros.

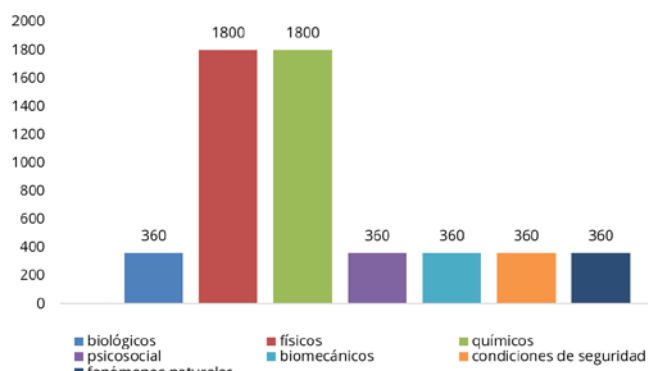


Figura 7. Colecta de la cosecha

Tabla 9. Empaque y distribución

Clasificación del riesgo	Nivel del riesgo
Biológicos	360
Físicos	50
Químicos	50
Psicosocial	150
Biomecánicos	1800
Condiciones de seguridad	1800
Fenómenos naturales	150

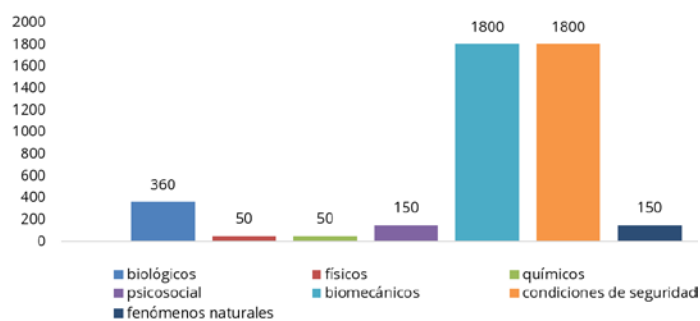


Figura 8. Empaque y distribución

### 3.3 Estrategias de control frente a los posibles riesgos asociados en el sector agrícola tomatero

En la Tabla 10 se muestra el resultado del objetivo específico 3: Proponer estrategias de control frente a los posibles riesgos asociados en el sector agrícola tomatero, de acuerdo con la información recopilada de la matriz de riesgos de la fábrica. Se propusieron una serie de controles para mitigar los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores tales como: formación y capacitación continua, impartir talleres prácticos sobre el uso de EPP, proporcionar información actualizada sobre riesgos, control de exposición a plaguicidas, evaluar procedimientos productivos y maquinaria, capacitar a los trabajadores sobre los protocolos entre otros que los encontraras a continuación.

Tabla 10. Controles por actividad

Actividad	Controles	Control aplicado
Preparación del terreno	Sustitución	Sustituir el tractor en caso de mal funcionamiento, sustitución de los EPP
	Controles de ingeniería	Mantenimiento a los tractores, aspas y motor.
	Control administrativo	Capacitaciones brigada de emergencia, primeros auxilios, demarcación de las áreas de trabajo, dar a conocer el punto de encuentro, capacitación del uso de la maquinaria, cambio de temperatura, etc.
	Elementos de protección personal	Uso de tapabocas en caso de tener síntomas de gripe, uso de EPP para realizar las labores, uso de mascarilla para polvos orgánicos
Sembrado	sustitución	Sustitución de mascarillas en caso de que tenga algún defecto
	Control administrativo	Capacitación del uso de mascarilla, autocuidado, pausas activas, charlas de motivación, hábitos alimenticios, capacitación de movimientos mecánicos, simulacros, evacuación de marcación del punto de encuentro.
	Elementos de protección personal	Uso de los EPP, uso de mascarilla para polvos orgánicos

Fumigado	Sustitución	Sustituir el químico si es muy fuerte para los trabajadores, sustituir la máquina de fumigación si tiene algún tipo de fuga y no se puede reparar.
	Control administrativo	Capacitación sobre el manejo de sustancias químicas, manipulación del tanque para fumigar, capacitación del uso de los EPP, pausas activas, capacitación sobre el orden y aseo e inspecciones de las áreas de trabajo.
	Elementos de protección personal	Uso de mascarilla completa, uso de overol, botas de seguridad, guantes.
Colecta de la cosecha	Sustitución	Sustitución del filtro, o si se encuentra en mal estado la mascarilla sustituirla por una nueva, sustituir las herramientas que estén en mal estado.
	Control de ingeniería	Mantenimiento a las herramientas manuales.
	Control administrativo	Capacitaciones del uso de herramientas, capacitación de polvos orgánicos, exámenes médicos periódicos, simulacros de evacuación, pausas activas, capacitación de autocuidado.
	Elementos de protección personal	Uso de elementos de protección personal como tapabocas, overol, botas de seguridad, guantes, cofia.
Empacado y distribución	Sustitución	Sustitución de los elementos de protección si se encuentran desgastados.
	Control administrativo	Capacitación del uso de los elementos de protección personal, pausas activas, capacitación de autocuidado, capacitación de orden y aseo, trabajo en equipo, exámenes periódicos ocupacionales, capacitación de sustancias psicoactivas.
	Elementos de protección personal	Uso de elementos de protección personal para evitar lesiones, uso de tapabocas, guantes, overol, botas de seguridad, cofia.

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la identificación y valoración de riesgos que se realizó en sector agrícola tomatero en la fábrica Inversiones F.B implica reconocer los factores que afectan a los trabajadores. En este estudio, se analizó la exposición a los diferentes factores de riesgos en las cinco áreas del trabajo agrícola: preparación de la tierra, siembra, fumigación de cultivos, colecta de la cosecha y empaque/distribución. Los resultados muestran que los trabajadores que se dedican a la preparación de la tierra enfrentan una exposición, con un nivel de riesgo de 1080, principalmente debido al mal uso de los elementos de protección personal, el desorden de herramientas y caídas a nivel y desnivel.

Por otro lado, los trabajadores que realizan la siembra se enfrentan al riesgo físico con un nivel de 1080, debido a las temperaturas extremas que se enfrentan durante la jornada de trabajo, de acuerdo con esto los colaboradores que se dedican a la fumigación de cultivos están expuestos a los químicos, con un nivel de riesgo más altos siendo de 1800, debido a la exposición a polvos orgánicos y pesticidas.

Como hemos dicho anteriormente, los trabajadores que se encarga de la colecta de la cosecha están expuestos a los físicos y químicos con un nivel de riesgo de 1800 debido al cambio de temperaturas extremas y polvos orgánicos, seguido empaque y distribución enfrenta riesgos de condiciones de seguridad y biomecánicos, también con un nivel de riesgo de 1800, principalmente debido a la postura en la que se encuentran durante su jornada de trabajo.

Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar medidas de prevención y seguridad en cada una de estas áreas agrícolas. Es crucial proporcionar a los trabajadores el entrenamiento adecuado en el uso de elementos de protección personal, promover el orden, la organización en el manejo de herramientas. En el caso de la fumigación de cultivos, es necesario establecer protocolos estrictos para reducir la exposición a químicos y pesticidas. Para el grupo de empaque y distribución, se deben considerar ajustes ergonómicos para mejorar las posturas de trabajo y reducir la tensión biomecánica [7].

Esperamos que este estudio pueda servir como una guía para la implementación de políticas y prácticas más seguras en el sector agrícola, protegiendo así la salud y el bienestar de los trabajadores que desempeñan labores fundamentales para la producción de alimentos. La colaboración entre empleadores, trabajadores y autoridades puede marcar la diferencia en la creación de un entorno laboral más seguro y saludable para todos los involucrados.

Al realizar la identificación y valoración de riesgos en el sector agrícola tomatero en la fábrica es importante tener en cuenta medidas preventivas que ayuden a proteger la seguridad y salud de los trabajadores y a

minimizar los impactos negativos en el medio ambiente. A continuación, se presentan algunas recomendaciones para llevar a cabo este proceso de manera efectiva:

- Realizar una evaluación completa de todas las actividades involucradas en el proceso productivo del tomate. Desde la preparación del suelo hasta el empaque y distribución, cada etapa debe ser analizada para identificar los peligros y riesgos presentes en la fábrica.
- Los trabajadores de la fábrica son una fuente invaluable de información sobre los riesgos que enfrentan en su labor diaria. Involucrarse en el proceso de identificación de riesgos y obtener sus perspectivas y experiencias ayudarán a tener una visión más completa de los peligros presentes en el sector.
- Proporcionar capacitación y formación en seguridad y salud laboral es esencial para garantizar que los trabajadores estén informados sobre los riesgos a los que están expuestos y sepan cómo manejarlos de manera segura.
- Una vez que estén identificados los riesgos, se deben implementar medidas preventivas adecuadas para controlarlos. Estas medidas pueden incluir el uso de equipos de protección personal, el establecimiento de procedimientos de trabajo seguros, la rotación de tareas para evitar movimientos repetitivos, entre otros.
- Cumplir con las normativas y reglamentarias establecidas por las autoridades competentes en materia de seguridad y salud en el trabajo. Estas normas están diseñadas para proteger a los trabajadores y garantizar un ambiente laboral seguro.
- Promover una cultura de seguridad laboral en el sector agrícola tomatero es esencial para que los trabajadores comprendan la importancia de la identificación y valoración de riesgos y se sientan comprometidos con la seguridad en su lugar de trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Consejo Colombiano de Seguridad. (2021). La mortalidad por accidentes de trabajo revela cifras no registradas desde el 2016. Bogotá.
- [2] FAO. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura: Mundi Prensa.
- [3] OIT. (2020). Metodología para la identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos en el sector agrícola. Ginebra
- [4] OIT. (2011). Seguridad y salud en la agricultura. Ginebra.
- [5] Robles D. (2023). Alcances de la investigación científica. Recuperado: <https://investigacioncientifica.org/alcance-la-investigacion-cientifica/>
- [6] Question. (2023). Qué es la investigación cuasi-experimental. Questionpro.
- [7] Programa Internacional de Seguridad en las Sustancias Químicas. (1993). Guía sobre seguridad y salud en el uso de productos agroquímicos. Ginebra.

# Síntesis y caracterización OSL de vidrios MBO dopados con Ce<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup> y Co-dopados con Li

Gerardo Rivera Barrera<sup>1</sup>

Luis Carlos Losada Benavides<sup>2</sup>

Vladimir Rivera Barrera<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> *Corporación Universitaria del Huila*

<sup>3</sup> *Universidad Pedagógica Experimental Libertador*  
Colombia

El objetivo en este capítulo es investigar las propiedades estructurales y dosimétricas de nuevos vidrios de borato MgB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub> preparados con diferentes combinaciones estructurales, y con dopaje Ce<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup> y Li. Los vidrios fueron producidos por el método de fusión y enfriamiento rápido; la caracterización dosimétrica se realizó mediante la técnica de luminiscencia ópticamente estimulada OSL; y las características como linealidad, curvas de decaimiento de OSL y curvas de dosis-respuesta se evaluaron después de irradiar las muestras con una fuente beta (<sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y). También se realizó difracción de rayos X XRD, absorción UV-vis, fotoluminiscencia PL y espectroscopia infrarroja FTIR de las muestras. Los análisis XRD confirmaron la naturaleza amorfa de los vidrios investigados y los análisis FTIR mostraron los diferentes grupos de borato en sus composiciones. La curva dosis-respuesta de la OSL de ambos vidrios mostró un comportamiento lineal para la mayor parte del rango de dosis estudiado. Las curvas de decaimiento de OSL exhibieron dos componentes con diferentes tiempos de decaimiento. Los vidrios de boratos dopados presentaron alta sensibilidad OSL, indicando una posible aplicación para dosimetría.

---

<sup>1</sup> Licenciado en Matemáticas y Física, Magíster en Física y Doctor en Física. Contacto: [gerardo.rivera@corhuila.edu.co](mailto:gerardo.rivera@corhuila.edu.co)

<sup>2</sup> Químico y Magíster en Hidrología y Gestión de los Recursos Hídricos. Contacto: [luis.losada@corhuila.edu.co](mailto:luis.losada@corhuila.edu.co)

<sup>3</sup> Licenciado en Matemáticas y Magíster en Didáctica de las Matemáticas. Contacto: [Vlariba@gmail.com](mailto:Vlariba@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los vidrios de borato han sido investigados debido a sus interesantes propiedades en comparación con otros vidrios, entre las que se incluyen una excelente transparencia, naturaleza isotrópica, fácil manejo, bajo costo de fabricación y composiciones químicas flexibles. Estos vidrios tienen aplicaciones en diferentes campos, como la óptica, la electrónica, la biomedicina y la dosimetría de radiación [6, 17]. Los estudios sobre los vidrios de borato generalmente abordan el rol del modificador en sus propiedades estructurales, térmicas, ópticas y magnéticas [15, 18].

Independientemente de su naturaleza higroscópica, los boratos son algunos de los vidrios que mejor se forman debido a sus bajos puntos de fusión y porque son buenos anfitriones para metales alcalinos y metales de tierras raras. La higroscopicidad de los boratos se puede superar añadiendo diferentes tipos de metales (alcalinos/alcalinotérreos), metales de transición y elementos de tierras raras [2, 9, 10].

El uso de vidrios de borato en dosimetría pasiva de radiación está ganando atención debido a la alta eficiencia de luminiscencia atribuible a su transparencia óptica [14]. Estos vidrios también son equivalentes al tejido, lo que se requiere en aplicaciones de dosimetría personal ( $Z_{\text{eff}}=7.42$ ) [3, 13, 19].

Las propiedades dosimétricas de los vidrios se han evaluado mediante técnicas de luminiscencia bien establecidas, como la termoluminiscencia TL, la luminiscencia ópticamente estimulada OSL y la radiofotoluminiscencia RPL [6, 8, 27]. La naturaleza óptica de la técnica OSL, las lecturas rápidas de la señal luminiscente y la posibilidad de releer dicha señal mediante estimulación controlada la convierten en una opción interesante para evaluar las propiedades dosimétricas de los vidrios.

En este estudio se investigó la posibilidad de nuevos vidrios de borato de magnesio, dopados y no dopados con Dy y Ce, co-dopados con Li, para aplicaciones de dosimetría de radiación. Para una mayor comprensión y descripción de la estructura se realizan técnicas espectroscópicas en las matrices vítreas.

## 2. MÉTODO

Las muestras de vidrio se sintetizaron mediante el método de fusión y enfriamiento rápido a partir de una mezcla de MgO y  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (Tabla 1) en un crisol de alúmina. El proceso de calentamiento se realizó en un horno tipo mufla EDG-1800 en un ambiente abierto (Figura 1).

**Tabla 1.** Reactivos y materiales utilizados en la preparación de los vidrios

Reagentes	Fórmula	Pureza	Fabricante
Ácido Bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	99,5%	Merck
Óxido de Magnesio	MgO	99,7%	Merck
Carbonato de Cerio	$\text{Ce}(\text{CO}_3)_2$	99,9%	Sigma-Aldrich
Carbonato de Litio	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	99,0%	Sigma-Aldrich
Carbonato de Disprosio	$\text{Dy}_2\text{O}_3$	99,0%	Sigma-Aldrich



**Figura 1.** Horno utilizado para colar compuestos vítreos

Inicialmente, las muestras se prepararon bajo composiciones estequiométricas de  $\text{MgB}_4\text{O}_7$  (tetraborato de magnesio) y  $\text{MgB}_2\text{O}_4$  (diborato de magnesio), fueron calcinadas por separado a  $900^\circ\text{C}$  durante 7 horas, con



una velocidad de calentamiento de 10°C/min. También se utilizó una velocidad de enfriamiento de 10°C/min para que las muestras alcanzaran la temperatura ambiente.

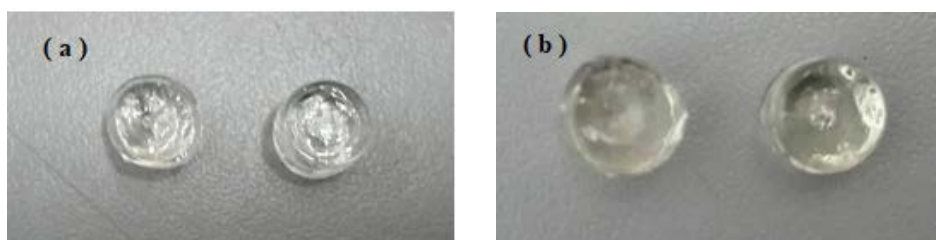
Las matrices de vidrio se prepararon con 80% de  $MgB_4O_7$  y 20% de  $MgB_2O_4$  en masa ( $80MgB_2O_4-20MgB_4O_7$ ) (% masa). Para simplificar, estas matrices se llamarán 80MBO. Las muestras de vidrio se doparon con 0.5% en masa de Dy, 0,5% Ce y se co-doparon con 0,1% en masa de Li (Tabla 1). Después de que los compuestos se mezclaron durante 30 minutos en un mortero de ágata, se fundieron en un crisol de porcelana en un horno eléctrico a 1150°C durante 4 h con una velocidad de calentamiento de aproximadamente 30°C/min.

Las mezclas fundidas se agitaron para asegurar la homogeneidad y luego se vertieron en un molde de aluminio precalentado esto buscando evitar cualquier estrés mecánico que provoque la fragilidad del vidrio (Figura 2).



**Figura 2.** Molde de aluminio utilizado para el tratamiento térmico de las pastillas de 80MBO

Luego de obtener vidrios 80MBO:Ce,Li y 80MBO:Dy,Li, las muestras fueron trituradas en un mortero de ágata para obtener polvos homogéneos. Para la caracterización dosimétrica por OSL se utilizaron los materiales en forma de pastillas con dimensiones de 256 mg de masa, 6 mm de diámetro y 3 mm de espesor aproximadamente (Figura 3).



**Figura 3.** Pastillas de 6 mm de diámetro: (a) para 80MBO:Ce,Li y (b) Para 80MBO:Dy,Li

La estructura amorfa de las muestras de polvo se confirmó mediante difracción de rayos X (DRX) utilizando un difractómetro (D8 Advance, Bruker) con  $Cu K\alpha$  ( $\lambda=1,5418 \text{ \AA}$ ). Los análisis se realizaron a temperatura ambiente con el tubo de rayos X funcionando a 40kV/40mA con pasos de  $2\theta$  (grados) = 0,020 en el rango de exploración de  $2\theta$  de 5° a 90° con 0,2 s por paso.

Las propiedades estructurales de las muestras de vidrio se determinaron mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier FTIR. Los espectros FTIR se obtuvieron en el rango 4000–400  $cm^{-1}$  a temperatura ambiente en un espectrómetro (IRPrestige-21, resolución de 4  $cm^{-1}$ , celda de almacenamiento de 1 min, región de 2100  $cm^{-1}$ ). Se utilizó un espectrofotómetro Shimadzu UV-Vis para obtener los espectros de absorción a 200-1100 nm.

Los espectros de fotoluminiscencia PL se registraron a temperatura ambiente utilizando un espectrofluorímetro (FP-8600 NIR), que consta de una lámpara de xenón de 150 W, un monocromador y un detector.

Para analizar la respuesta de OSL a la dosis de radiación, las pastillas fueron previamente expuestas a una fuente beta ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ) con una tasa de dosis de 0,294 Gy/min. Las muestras se ubicaron a 0.5 cm de la fuente y se irradiaron con dosis de entre 0,1 Gy y 20 Gy. El proceso de lectura de OSL se llevó a cabo utilizando un SAD 2000 LOGAN/DOIN OSL con estimulación óptica de onda continua (CW) procedente de un LED azul con emisión a 470nm (FWHM = 20nm). Este dispositivo cuenta con un filtro de transmisión Hoya U-340 (290nm-390nm) y un tubo fotomultiplicador (EMI 9235QB) con máxima eficiencia cuántica entre 200 y 380nm.

La dosis mínima detectable o el límite inferior de detección se determinó mediante la lectura OSL de cada pastilla sin exposición previa a la radiación (lectura de dosis cero). Este valor se restó de la señal OSL medida después de la irradiación. Las intensidades de OSL estudiadas representan el área bajo la curva OSL obtenida a partir de la estimulación de las muestras durante 70 segundos.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Difracción de rayo X

Las estructuras de los sólidos amorfos se caracterizaron por una periodicidad pequeña o nula [16]. Los espectros XRD de 80MBO, 80MBO:Ce,Li y 80MBO:Dy,Li (Figura 4) no mostraron picos agudos, lo que confirma la naturaleza amorfa distintiva de estas muestras. Tal comportamiento se corrobora con la formación de estructuras vítreas.

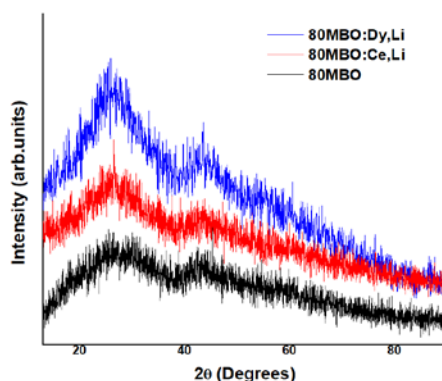


Figura 4. Patrones de difracción de rayos X de los sistemas de vidrio 80MBO, 80MBO:Ce,Li y 80MBO:Dy,Li.

#### 3.2 Análisis Espectral FTIR

En la Figura 5, se especifican los grupos estructurales de los vidrios de borato de magnesio. Los espectros FTIR de las muestras 80MBO:Ce,Li y 80MBO:Dy,Li tienen bandas anchas en la región del infrarrojo cercano (3200–3700  $\text{cm}^{-1}$ ), relacionadas con los grupos hidroxilo, agua o B-OH presentes en las muestras. La presencia de estos grupos hidroxilo o grupos agua podría atribuirse al procedimiento experimental (técnica KBr), y puede ser más significativa debido a la presencia de agua procedente del  $\text{H}_3\text{BO}_3$  [5].

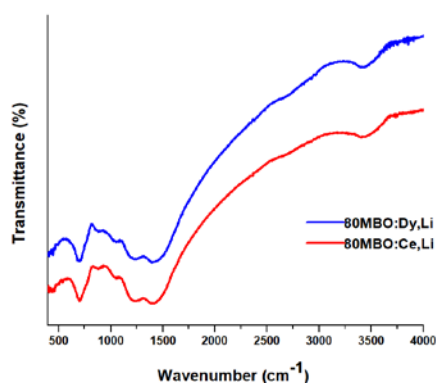


Figura 5. Espectros FTIR de 80MBO:Ce,Li y 80MBO:Dy,Li

Los espectros FTIR muestran bandas de transmisión infrarroja centradas en 570, 698, 819, 948, 1087 y 1322 $\text{cm}^{-1}$ . La estructura vítrea de las muestras de vidrio de borato está compuesta principalmente por

triángulos  $\text{BO}_3$  y grupos piramidales de  $\text{BO}_4$ , y la estructura depende del aditivo del vidrio de borato [1,5]. La banda centrada en  $570 \text{ cm}^{-1}$  puede deberse a la presencia de  $\text{BO}_3$  y  $\text{BO}_4$  en la estructura vítrea. Este pico solo podría deberse a las vibraciones de estiramiento del enlace B-O de las unidades  $\text{BO}_4$  de los grupos diborato [1, 5, 12].

La banda a  $698 \text{ cm}^{-1}$  se puede atribuir a las vibraciones de flexión del enlace B-O-B. Los picos a  $819 \text{ cm}^{-1}$  se deben al estiramiento del  $\text{BO}_4^-$  (tri, tetra y pentaboratos). Se puede suponer que la banda a  $948 \text{ cm}^{-1}$  son enlaces B-O que estiran las vibraciones de las unidades  $\text{BO}_4$  de los grupos diborato [4].

La banda centrada en  $1087 \text{ cm}^{-1}$  confirma la presencia de estiramiento asimétrico de unidades tetraédricas de  $\text{BO}_4$  y vibraciones de diboratos que se unen a grupos de pentaborato [5]. El pico amplio centrado en  $\sim 1322 \text{ cm}^{-1}$  en el espectro del vidrio de borato está asociado con vibraciones de estiramiento B(3)-O-B(4) en la red de vidrio [11, 20].

### 3.3 Absorción UV-Vis

Se utilizó el método geométrico para estimar la energía de la banda prohibida  $E_g$ , a partir de los espectros de absorción mediante la técnica del gráfico Tauc [7]. En esta técnica, si la transición electrónica del material amorfo es de tipo directo, la extrapolación de la curva  $(ah\nu)^2$  en función de la energía del fotón incidente ( $h\nu$ ) para el valor de ordenadas igual a cero da una estimación de  $E_g$ .

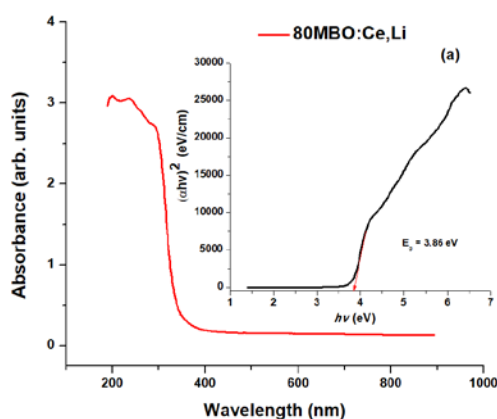
Para transiciones electrónicas indirectas, la extrapolación de la curva  $(ah\nu)^{1/2}$  en función de  $h\nu$  al valor de ordenadas igual a cero da una estimación de  $E_g$ . Conociendo el coeficiente de absorción  $\alpha$ , la energía de la banda prohibida del material se puede estimar mediante la ecuación (1).

$$(\alpha h\nu)^y = A(h\nu - E_g) \quad (1)$$

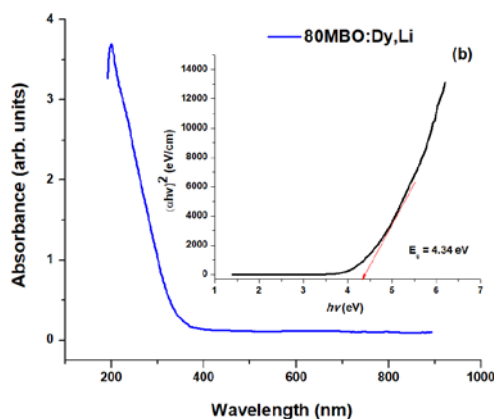
donde A es una constante de proporcionalidad, y es un número entero que define el tipo de transición, y = 1 (directa) e y = 4 (indirecta). El valor de  $E_g$  se obtiene extrapolando la región lineal de la curva  $(ah\nu)^{2/y}$  para el valor de la ordenada igual a cero [23].

Para los sistemas vítreos estudiados en este trabajo, se obtuvieron los coeficientes de absorción y luego de la conversión de longitud de onda (nm) a energía (eV), se construyeron gráficas de  $(ah\nu)^2$  en función de la energía. La región de fuerte absorción del vidrio se ajustó linealmente y la intersección de la línea ajustada con el eje horizontal representa  $E_g$ .

La banda prohibida para 80MBO:Ce,Li presentó un umbral de absorción alrededor de 321 nm con  $E_g = 3,86 \text{ eV}$  (Figura 6a). Esta banda se atribuye a las transiciones  $4f \rightarrow 5d$  en  $\text{Ce}^{3+}$  [21, 28]. Se observó un valor de  $E_g = 4,34 \text{ eV}$  para las muestras de 80 MBO: Dy, Li en la Figura 6b, y este intervalo de banda es equivalente a transiciones por debajo de 286 nm.



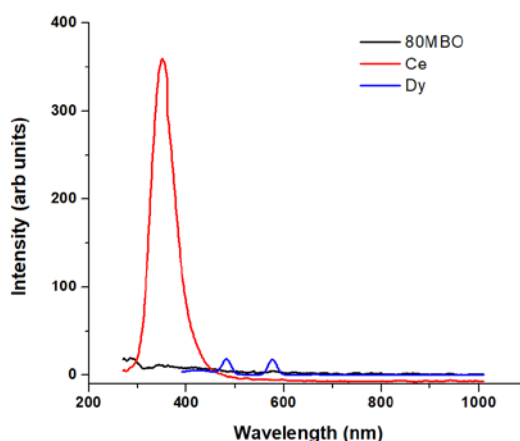
**Figura 6a.** Espectro de absorción UV-vis de 80MBO:Ce,Li. Muestra la estimación de la energía de la banda prohibida experimental mediante extrapolación de la región lineal de la curva  $(\sigma h\nu)^2$  para  $h\nu=0$



**Figura 6b.** Espectro de absorción UV-vis de 80MBO:Dy,Li. Muestra la estimación de la energía de la banda prohibida experimental mediante extrapolación de la región lineal de la curva  $(\sigma h\nu)^2$  para  $h\nu=0$

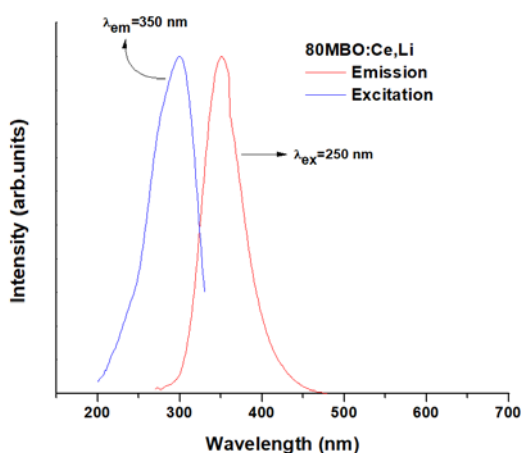
### 3.4 Análisis espectral de fotoluminiscencia

La Figura 7a muestra gráficos de emisión y excitación de vasos 80MBO no dopados y co-dopados. Las muestras dopadas con Ce mostraron una emisión a 350 nm bajo excitación en longitudes de onda en el rango de 200 a 330 nm, y las muestras dopadas con Dy mostraron una emisión de 400 a 800 nm bajo excitación a 350 nm. No se pudieron detectar señales significativas mensurables de la muestra no dopada.



**Figura 7a.** Espectro para la emisión de la muestra de borato de vidrio

La Figura 7b es posible observar que el espectro de excitación de  $\text{Ce}^{3+}$  cubre el rango de 220–330 nm, exhibiendo una banda de absorción alrededor de 229 nm, que está relacionada con las transiciones ópticas  $5d^04f^1 \rightarrow 5d^14f^0$  bajo excitación de 250 nm [21]. El espectro de emisión presenta una banda asimétrica con intensidad máxima en 350 nm, lo que concuerda con la diferencia teórica de energía entre  $2F^{5/2}$  y  $2F^{7/2}$  de  $\text{Ce}^{3+}$  [29].



**Figura 7b.** Espectros de excitación y emisión de 80MBO:Ce,Li

El espectro de excitación de la muestra de 80MBO:Dy,Li para la emisión de 572 nm muestra seis bandas a 295, 324, 355, 388, 452 y 522 nm (Figura 8a). Este espectro confirma que 80MBO:Dy puede excitarse con radiación UV porque, entre todas las bandas de excitación, la banda de 355 nm exhibe la mayor intensidad.

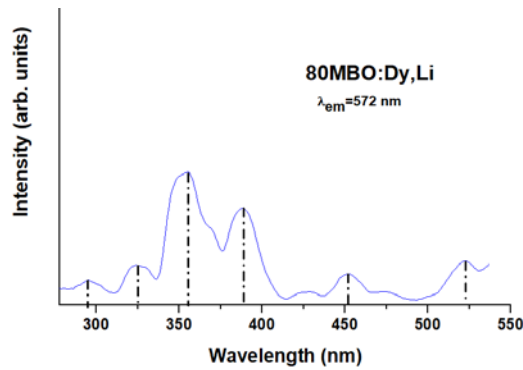


Figura 8a. Espectro de excitación de 80MBO:Dy, Li

El espectro de emisión de 80MBO:Dy,Li (Figura 8b) muestra dos bandas intensas a 576 nm (amarillo) y 482 nm (azul) bajo excitación de 350 nm, que son equivalentes a  $4F^{9/2} \rightarrow 6H^{15/2}$  y  $4F^{9/2} \rightarrow 6H^{13/2}$  de transiciones  $Dy^{3+}$ , respectivamente.

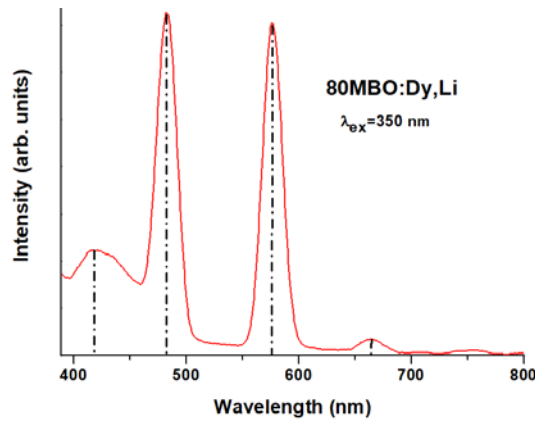


Figura 8b. Espectro de emisión de 80MBO:Dy, Li

### 3.5 Curvas dosis-respuesta

#### 3.5.1 Análisis OSL

Las Figuras 9 y 10 muestran curvas OSL para 80MBO:Ce,Li y 80MBO:Dy,Li irradiados con diferentes rangos de dosis. En las figuras podemos ver que hay un aumento en la intensidad de OSL dependiendo de la dosis debido al gran número de cargas atrapadas. Además, el aumento de la dosis de radiación provoca un aumento de la intensidad inicial, como ocurre en las integrales de las curvas OSL.

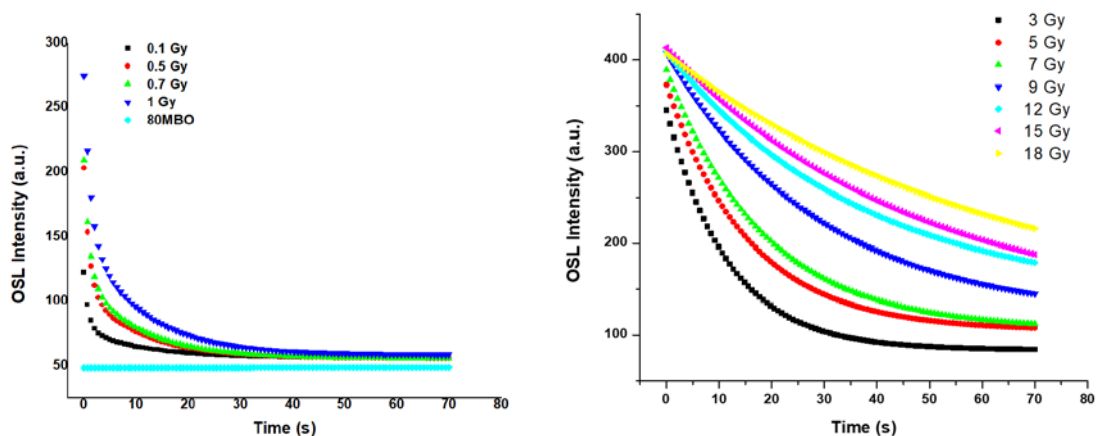
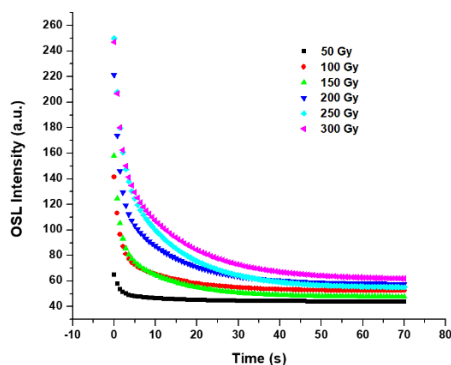


Figura 9. Curvas OSL de muestras de 80MBO:Ce,Li irradiadas con dosis absorbidas en el rango de 0,1 a 18 Gy



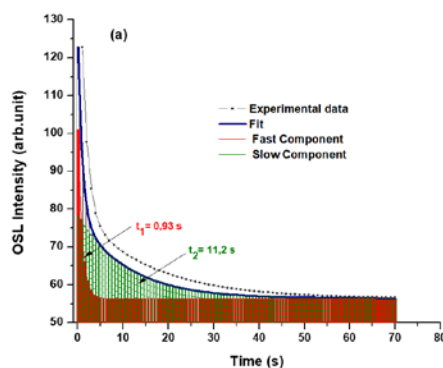
**Figure 10.** OSL curves of 80MBO:Dy,Li samples irradiated with absorbed doses in the range 50–300 Gy

Para analizar las curvas de decaimiento OSL, los datos experimentales se ajustaron con una doble caída exponencial (Ecuación (2)).

$$I = I_0 + A_1 e^{\frac{-x}{\tau_1}} + A_2 e^{\frac{-x}{\tau_2}} \quad (2)$$

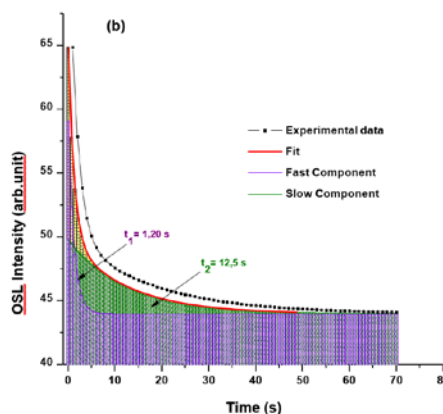
La ecuación (2) contiene tres términos, donde  $I$  es la intensidad luminiscente dependiendo del tiempo,  $I_0$  es una constante de fondo,  $A_1$  y  $A_2$  son constantes y  $\tau_1$  y  $\tau_2$  son los tiempos de vida de la emisión OSL [6, 27]. La señal OSL de las muestras de 80MBO:Ce,Li muestra una respuesta de OSL a dosis superiores a 0.1 Gy, mientras que las muestras de 80MBO:Dy,Li solo presentan respuestas para dosis que comienzan en 50 Gy.

La Figura 11a muestra los componentes principales de las curvas OSL ajustadas para los vidrios. Para 80MBO:Ce Li, la curva ajustada indica dos componentes con vidas útiles de 0,93 s y 11,2 s. La primera exponencial está relacionada con una componente rápida, que se asigna a los electrones que son recombinados directamente por los agujeros.



**Figura 11a.** Ajuste de la curva de caída de OSL y la contribución de los componentes rápido y lento para 80MBO:Ce,Li

El segundo término exponencial está relacionado con una componente lenta debido a la presencia de trampas ligeramente profundas en las bandas electrónicas, donde los electrones regresan y son capturados durante varios segundos antes de ser recombinados en los agujeros [22, 24, 27]. Para 80MBO:Dy,Li, se obtuvieron tiempos de vida de aproximadamente 1,20 s y 12,5 s (Figura 11b).



**Figura 11b.** Ajuste de la curva de caída de OSL y la contribución de los componentes rápido y lento para 80MBO:Dy,Li

La Figura 12 muestra las curvas de respuesta a la dosis OSL para los vidrios estudiados. En los gráficos, las áreas OSL corresponden a la respuesta promedio de 5 muestras a una dosis determinada. La curva dosis respuesta OSL presentó un mejor ajuste para un ajuste lineal que resultó en un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.981 para 80MBO:Ce,Li y 0,985 para 80MBO:Dy,Li. La respuesta a la dosis OSL de 80 MBO:Ce,Li tiene buena linealidad hasta 18 Gy.

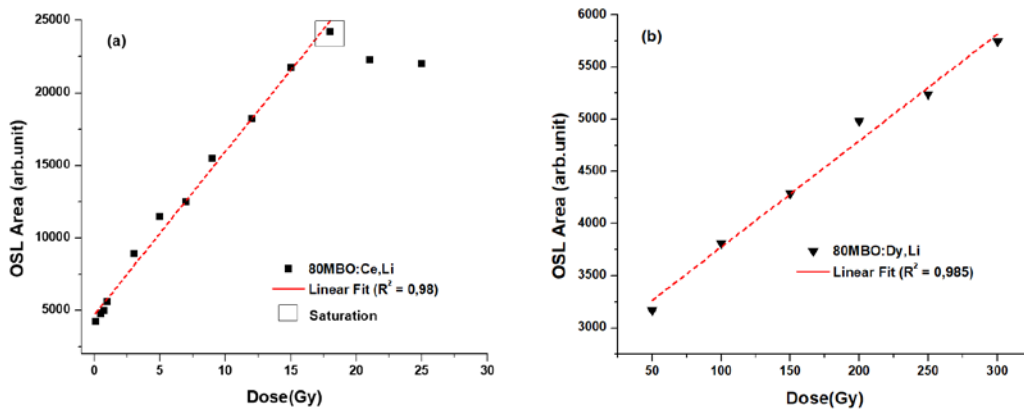


Figura 12. Curvas de respuesta a la dosis OSL para: (a) 80MBO:Ce,Li y (b) 80MBO:Dy,Li

Después de este rango de dosis, hay una tendencia evidente a la saturación. Para estas curvas de respuesta a la dosis de OSL, se predice que se producirán desviaciones de la linealidad debido a la dinámica de los procesos de captura de carga debido a diferentes defectos en la materia [25, 26]. Para el vidrio 80MBO:Dy,Li, se encontró una buena linealidad para dosis altas.

#### 4. CONCLUSIONES

Se estudiaron algunas características importantes de los vidrios de borato de magnesio (80MBO, 80MBO:Ce,Li y 80MBO:Dy,Li). Los resultados de XRD mostraron que estos vidrios presentan estructuras amorfas. A partir de los resultados de FTIR, se observó que las muestras de 80MBO:Ce,Li y 80MBO:Dy,Li están compuestas por unidades  $BO_4$  que están relacionadas con las vibraciones de estiramiento del enlace B-O.

Las concentraciones de  $Ce^{3+}$  y  $Dy^{3+}$  fueron adaptadas para los espectros luminiscentes de emisión y absorción ya que los iones  $Ce^{3+}$  tienen una banda prohibida de 3.86 eV y  $Dy^{3+}$  una de 4,34 eV. Los rayos UV se absorbieron fuertemente alrededor de 321 nm para  $Ce^{3+}$  y para  $Dy^{3+}$  cerca de 286 nm.

Los espectros de excitación y emisión de 80MBO:Ce,Li mostraron un gran perfil de PL debido a las transiciones  $2F_{5/2} \rightarrow 2F_{7/2}$  y  $4f \rightarrow 5d$  para el dopante  $Ce^{3+}$  al 0,5% en peso. Se observó una banda de emisión que alcanzó un máximo de aproximadamente 350 nm y se extendió a través del rango visible y se atribuyó a la formación de agrupaciones de iones dopantes con los compuestos estructurales. Para vidrio 80MBO con 0,5%  $Dy^{3+}$ , se encontró una banda de mayor intensidad a 350 nm. El espectro de emisión de 80MBO:Dy,Li presentó dos picos intensos a 576 nm (amarillo) y 482 nm (azul) por debajo de los 350 nm de excitación, lo que equivale a las transiciones  $4F_{9/2} \rightarrow 6H_{15/2}$  y  $4F_{9/2} \rightarrow 6H_{13/2}$ .

Las curvas OSL de ambos materiales exhibieron dos componentes exponenciales, representando un componente lento y un componente rápido. Se encontró que la muestra 80MBO:Ce,Li era el vidrio con la respuesta OSL más intensa a la dosis de radiación.

## REFERENCIAS

- [1] Abo S. (2012). FTIR and UV-VIS optical absorption spectra of gamma-irradiated MoO<sub>3</sub> doped lead borate glasses. *J. Non-Cryst. Solids* 358, 406–413.
- [2] Alajerami Y. et al. (2012). Thermoluminescence properties of Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> glass system co-doped with CuO and MgO. *Radiat. Prot. Dosim.* 155, 1–10.
- [3] Alajerami Y. et al. (2013). Luminescence characteristics of Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> glasses co-doped with TiO<sub>2</sub>/MgO. *Appl. Radiat. Isot.* 82, 12–19.
- [4] Ardelean I. et al. (2008). EPR and FTIR spectroscopic studies of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CuO glasses. *Phys. B Condens. Matter* 403, 3682–5.
- [5] Balachander L. et al. (2013). IR analysis of borate glasses containing three alkali oxides. *Science Asia* 39, 278–283.
- [6] Barrera G. et al. (2018). Thermoluminescence and optically stimulated luminescence of PbO-H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> and PbO-H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glasses. *Radiat. Phys.*
- [7] Bhatt R. et al. (2012). Urbach tail and bandgap analysis in near stoichiometric LiNbO<sub>3</sub> crystals. *Phys. Stat. Solid A* 209, 176–180.
- [8] Bhatt B. y Kulkarni M. et al. (2013). Worldwide status of personnel monitoring using thermoluminescent (TL), Optically stimulated luminescent (OSL) and radiophotoluminescent (RPL) dosimeters. *Int. J. Lumin. Appn.* 3, 6–10.
- [9] El-Adawy A. et al. (2010). TL dosimetric properties of Li<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glasses for gamma dosimetry. *Appl. Radiat. Isot.* 68, 1132–1136.
- [10] Elkholy M. (2010). Thermoluminescence of B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Li<sub>2</sub>O glass system doped with MgO. *J. Lumin.* 130, 1880–1892.
- [11] Gautam C. et al. (2012). A review on infrared spectroscopy of borate glasses with effects of different additives. *ISRN Ceramics.* 1–17.
- [12] Inoue T. et al. (2010). Approach to thermal properties and electronic polarizability from average single bond strength in ZnO-Bi-B<sub>2</sub>O glasses. *J. Solid State Chem* 183, 3078–3085.
- [13] Kalpana T. et al. (2016). Influence of alumina on photoluminescence and thermoluminescence characteristics of Gd<sup>3+</sup> doped barium borophosphate glasses. *J. Lumin.* 179, 44–49.
- [14] Kucuk N. et al. (2016). Thermoluminescence characteristics of Zn(BO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>:Ce<sup>3+</sup> under beta irradiation. *Radiat. Prot. Dosim.* 168, 450–458.
- [15] Lim T. et al. (2014). Physical and optical properties of Dysprosium ion doped borate glasses. *Physica B* 451, 63–67.
- [16] Maheshvaran K. y Marimuthu K. (2011). Structural and optical investigations on Dy doped boro-tellurite glasses. *J. Alloys Compounds* 509, 7427–33.
- [17] Mhareb M. et al. (2015). Influences of dysprosium and phosphorous oxides codoping on thermoluminescence features and kinetic parameters of lithium magnesium borate glass. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 305, 469–477.
- [18] Mhareb M. et al. (2014). Physical and optical properties of Li<sub>2</sub>O-MgO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> doped with Dy<sup>3+</sup>. *Opt. Spectrosc.* 117, 552–559.
- [19] Pontusuchka W. et al. (2001). Luminescence mechanisms for borate glasses: the role of local structural units. *Phys. Chem. Glasses* 27, 37–47.
- [20] Saddeek Y. et al. (2010). Structural influence of PbO by means of FTIR and acoustics on calcium aluminoborosilicate glass system. *J. Non-Crystal Solids* 356, 1089–1095.
- [21] Sontakke A. et al. (2015). Effect of synthesis conditions on Ce<sup>3+</sup> luminescence in borate glasses. *J. Non-Crystal Sol.* 431, 150–153.
- [22] Souza L. et al. (2017). Dosimetric properties of MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Dy,Li and MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Ce,Li for optically stimulated luminescence. *Radiat. Meas.* 106, 196–199.
- [23] Tumuluri A. et al. (2015). Band gap determination using Tauc's plot for LiNbO<sub>3</sub> thin films. *ChemTech.*, 3353–3356.
- [24] Valença J. et al. (2018). Optically stimulated luminescence of the [20% Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + x%K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+(80-x)%B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] glass system. *J. Lumines.* 200, 248–253.
- [25] Yukihiro E. et al. (2011). *Optically Stimulated Luminescence, Fundamentals and applications.* John Wiley.
- [26] Yukihiro E. et al. (2014). State of art: optically stimulated luminescence dosimetry e frontiers of future research. *Radiat. Meas.* 71, 15–24.
- [27] Yukihiro E. et al. (2017). Optically stimulated luminescence of MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Ce,Li for gamma and neutron dosimetry. *J. Lumin* 183, 525–532.
- [28] Zaijin F. et al. (2014). Efficient spectral conversion from visible to near-infrared in transparent glass ceramics containing Ce<sup>3+</sup>-Yb<sup>3+</sup> codoped Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> nanocrystals. *J. Mater. Chem. C* 2, 2204–2211.
- [29] Zhang X. y Gong M. (2015). Photoluminescence and energy transfer of Ce, Tb<sup>3+</sup>, and Eu<sup>3+</sup> doped KBaY(BO) as nearultraviolet-excited color-tunable phosphors. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 54, 7632–7639.



# Relaciones ecosistema–cultura: Un avance en el abordaje actual y futuro de la investigación ambiental integral y su problemática

Rubén Danilo Bourdon García<sup>1</sup>

Saudhy Anais Miranda Villamizar<sup>2</sup>

Henry Armando González Rodríguez<sup>3</sup>

Daniel Antonio Roa Arévalo<sup>4</sup>

Elizabeth Bustos Linares<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 5</sup> *Fundación Universitaria San Mateo*

<sup>3</sup> *Fundación Universitaria Agraria de Colombia*

<sup>4</sup> *ACUASES S.A. E.S.P.*

Colombia

Actualmente, existe una necesidad de abordaje integral de los estudios ambientales con el propósito de resolver los problemas de sostenibilidad local y global. En este estudio se presenta, de manera sucinta, un modelo ambiental integral de relaciones e interacciones entre los sistemas socio-culturales y los ecosistemas. Además, se brinda información sobre las características y propiedades, tanto de las relaciones como de las interacciones entre las dimensiones ambientales, es decir, relaciones e interacciones entre ecosistemas, actividades productivas y sistema socio-cultural. Las actividades productivas estudiadas se relacionan con el abastecimiento de agua potable y el tratamiento de aguas residuales de la cabecera municipal y el centro urbano del municipio de Siatoya, Colombia. Como metodología de estudio se utilizó el marco ordenador Estado, Presión, Gestión EPG, ya que permite, por un lado, dar pautas a cada etapa de la investigación y, por otro, organizar y manejar la información. El avance de la investigación presentado incluye la caracterización de los sistemas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales y sus relaciones e interacciones con los ecosistemas y sistema socio-cultural correspondientes. También se incluye la caracterización de las micro-cuencas de las quebradas Santaferreña y Murciélagos, que nacen en la vereda Espigas, además de la información e interpretaciones que funcionarios, líderes y campesinos del municipio tienen sobre el uso y manejo del agua en el territorio. Este avance corresponde, en parte, a la etapa de Estado en el EPG y, como resultado importante de esta etapa, se resalta la necesidad de proteger y restaurar las zonas de recarga hídrica de la vereda Espigas y la microcuenca de sus quebradas, por su relevancia como fuentes de agua para el municipio.

---

<sup>1</sup> Químico, Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo, y Doctor en Ciencias. Contacto: [rdanilob@sanmateo.edu.co](mailto:rdanilob@sanmateo.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera Ambiental y Especialista en Gestión Ambiental. Contacto: [sanais@sanmateo.edu.co](mailto:sanais@sanmateo.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Civil, Arquitecto, Especialista en Seguridad Industrial, Higiene y Gestión Ambiental, Especialista en Saneamiento Básico y Magíster en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente. Contacto: [gonzalez.henry@uniagraria.edu.co](mailto:gonzalez.henry@uniagraria.edu.co)

<sup>4</sup> Profesional en Sistemas e Informática y Especialista en Aguas y Saneamiento Ambiental. Contacto: [gerencia@acuases.gov.co](mailto:gerencia@acuases.gov.co)

<sup>5</sup> Licenciada en Biología y Magíster en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales. Contacto: [elizabeth.bustos128@gmail.com](mailto:elizabeth.bustos128@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Ambiente o medio ambiente es un término que ha adquirido gran importancia en las últimas décadas, pero, que tiene muchas connotaciones y definiciones. El medio ambiente tiene implicaciones políticas, económicas, sociales en general, científicas e incluso, ideológicas. Dependiendo de la postura teórica de un individuo o grupo, pueden incluirse en este término, la sociedad, los ecosistemas, los sistemas productivos, la naturaleza, la cultura, el capital solar, el capital tierra, los bienes y servicios eco-sistémicos o ambientales, solo por nombrar algunos.

Si se emplean en los estudios concepciones del medio ambiente parciales, que incluyen principalmente una dimensión, orden o esfera, las soluciones a las problemáticas ambientales serán parciales. Pero, a partir de concepciones integrales del medio ambiente, pueden hallarse soluciones a las problemáticas ambientales, tanto parciales como completas.

De eso trata esta disertación, de la búsqueda de una representación o concepción ambiental integral, completa que, en su aplicación práctica, permita incluir todas las dimensiones ambientales y que oriente respecto a los componentes y métodos para indagar y entender posibles problemáticas ambientales, con el fin de establecer opciones para su solución.

Respecto a la representación ambiental, en esta investigación se empleó el modelo de relaciones entre el ecosistema y la cultura [1]. Durante el avance de la investigación se determinaron las características de las relaciones, interacciones y dimensiones ambientales, además de la centralidad de las actividades productivas.

Por supuesto, se usaron métodos ya establecidos para la investigación de las dimensiones ambientales y se aplicaron al estudio de las actividades productivas asociadas al agua, del municipio de Sesquilé, Colombia.

Los avances del estudio presentados aquí, incluyen la caracterización parcial de la línea base ambiental y de sus relaciones e interacciones. Esto permite un mejor entendimiento tanto de la conectividad entre los ecosistemas, actividades productivas y sistema socio-cultural, como de su evolución.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Problemática ambiental y modelos ambientales

En la actualidad, los estudios ambientales, a pesar del esfuerzo intelectual, continúan enfocándose en una dimensión o sub-dimensión ambiental y tal es el caso del Estudio Nacional del Agua ENA en Colombia [2], realizado en 2022. En este estudio el marco conceptual es el ciclo hidrológico o del agua y la dinámica de sedimentos, que tienen como base el principio de conservación de la materia (balance hídrico y de sólidos). El ENA parte de una sub-dimensión ambiental, el ciclo hidrológico y de sedimentos, quizá por facilidad metodológica, pues los balances de masa se facilitan, ya que la masa no depende de la temperatura o presión, solo de la composición.

Otros estudios ambientales dirigen su mirada hacia algunas de las dimensiones eco-sistémicas, productivas o socio-culturales y debilitan el conocimiento de las dimensiones restantes. Por ejemplo, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales publicó la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales [3], donde la caracterización de la comunidad asociada al proyecto, es externa, sin sus símbolos, relaciones y estructura socio-cultural. Además, el suelo es clasificado dentro del medio abiótico, lo que desconoce que el suelo contiene comunidades de organismos importantes para soportar los sistemas naturales y lo mismo pasa con el recurso hídrico.

Consecuentemente, esta investigación incluyó todas las dimensiones ambientales (medio eco-sistémico, sistema socio-cultural y actividades productivas), se les dio la misma relevancia o peso y se integraron y estudiaron sistémicamente. La cuestión central de esta investigación, se enfocó en el estudio de las

relaciones ecosistema-cultura, asociadas al abastecimiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales de Sesquilé y sus dimensiones ambientales asociadas.

Este abordaje responde a los requerimientos identificados para las ciencias ambientales y de la sostenibilidad, reflejado en programas que apuntan a una transición sostenible de las actividades productivas del ser humano y que lideran programas científicos internacionales como los de la Organización Meteorológica Mundial [4] o los del Consejo Internacional de Ciencias [5], las academias científicas mundiales, entre las que se encuentra la Asociación Inter-academias [6] y redes científicas independientes, como el Grupo de Escenarios Globales [7].

Algunos interrogantes surgidos desde estas ciencias se resumen en siete cuestiones centrales para lograr dicha transición [8]. La presente investigación apunta a responder las siguientes preguntas, en términos de las relaciones ecosistema - cultura, el desarrollo a escala humana y la sostenibilidad ambiental:

- ¿Cómo pueden incorporarse mejor las interacciones dinámicas entre el ecosistema y el sistema socio-cultural, incluidos los retrasos y la inercia, en los modelos y conceptualizaciones emergentes que integren el sistema productivo, el desarrollo humano y la sostenibilidad?
- ¿Cómo son las tendencias a largo plazo en el medio ambiente y el desarrollo a escala humana, incluido el consumo y la población, que modifican la interacción entre el ecosistema y el sistema socio-cultural de manera relevante para la sostenibilidad?
- ¿Cómo pueden integrarse o ampliarse los sistemas operacionales actuales para el monitoreo y la presentación de reportes sobre las condiciones ambientales y sociales, a fin de proporcionar una orientación más útil de los esfuerzos para guiar a una transición hacia la sostenibilidad?
- ¿Cómo hoy día se pueden integrar mejor las actividades relativamente independientes de planeación de la investigación, monitoreo, evaluación y apoyo a las decisiones en los sistemas para la gestión evolutiva y el aprendizaje social?

Respecto a los modelos de interpretación ambiental, varios de éstos han sido desarrollados y una buena recopilación de los mismos se puede encontrar en [1]. El análisis que realiza el autor sobre estos modelos, lo hace desde el punto de vista relacional y son presentados explícitamente los modelos ecosistema - cultura, sociedad-naturaleza, ecosistema-tecno-sistema-socio-sistema, el orden cultural inscrito en el ecosistema y el ecosistema inscrito dentro del orden cultural. De los modelos mencionados se resaltan tres, donde las dimensiones tanto ecológicas como socio-culturales tienen la misma importancia y donde se concibe el medio ambiente como fenómeno de intersección o interrelaciones entre los diferentes órdenes. Estos son: Modelo de relaciones sociedad-naturaleza (de intersección); modelo de relaciones ecosistema-tecno-sistema-socio-sistema (de intersección); modelo de relaciones ecosistema-cultura (de interrelaciones).

De las limitaciones detectadas para dichos modelos de interpretación ambiental se resaltan dos: La falta de potencia operativa cuantitativa, ya que son modelos que en muchos casos no permiten una explicación cuantitativa de los fenómenos ambientales y su problemática. Por supuesto tampoco predicción y prospectiva; y para los dos primeros, que no es posible concebir dos sistemas o subsistemas ambientales solo con relaciones de intersección, puesto que cada sistema se encuentra conectado internamente y en interacción con el total del otro sistema. Entonces, lo único que se pueden reconocer son relaciones eficientes o no respecto a cada orden o dimensión.

Por lo tanto, los modelos de interpretación ambiental que tienen en cuenta intersecciones, desde el principio presentan supuestos parciales o equívocos, pues los sistemas o subsistemas ambientales deben contemplarse en su totalidad y luego sí se pueden distinguir los grados de eficiencia causal en sus relaciones. Finalmente, debe mencionarse que varias escuelas de pensamiento ambiental e investigadores han desarrollado definiciones de medio ambiente más pragmáticas, algunas de las cuales se presentan en [9] y otras en [10] y remitimos al lector a estas obras, ya que aquí no se profundizará en sus detalles.

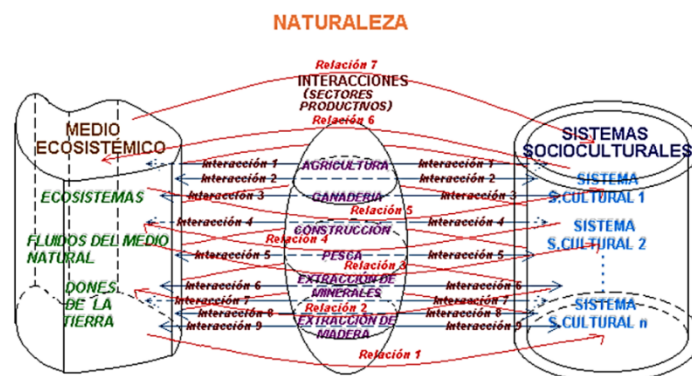
## 2.2 Modelo de relaciones ecosistema–cultura complementado

De los modelos de interpretación ambiental se debe resaltar el de Ángel, que presenta el sistema cultural y el ecosistema, como dos órdenes interrelacionados, de la siguiente forma:

*Ante todo, se reconocen los dos órdenes como independientes. Tanto el ecosistema como el orden cultural tienen sus propias leyes de funcionamiento. En ello consiste el problema ambiental. Si el hombre se tuviese que adaptar cumpliendo una función dentro del ecosistema, no habría problemas ambientales.... Lo ambiental como problema surge del hecho de que la especie humana no ocupa ningún nicho dentro del ecosistema. El hecho de que la especie humana haya logrado una cierta independencia... es resultado del proceso evolutivo... La relación entre ecosistema y cultura no se da solamente a través de la técnica, sino que involucra igualmente la manera como los hombres se relacionan entre sí [1].*

De su reflexión sobre la interpretación ambiental, Ángel propone unos componentes principales para sus dos órdenes o dimensiones (ecosistema y sistema cultural) y su representación se puede ver en [1]. El modelo de relaciones entre los ecosistemas y los sistemas socio-culturales fue inicialmente formalizado o teorizado en Retícula conceptual por [9].

Primero, se complementaron y actualizaron los dos órdenes, ecosistema y cultura y luego se formalizó el modelo con el uso del análisis formal de conceptos como metodología matemática de redes y desde allí se develaron algunas relaciones e implicaciones entre las dimensiones ambientales. Uno de los resultados principales de la complementación, fue que se determinó explícitamente que la mediación entre el ecosistema y el sistema socio-cultural, se da a través de las actividades productivas del ser humano. El modelo complementado se denominó modelo de relaciones e interacciones entre el medio eco-sistémico y el sistema socio-cultural RIMESIS, cuya representación se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Modelo de relaciones e interacciones medio eco-sistémico–sistema socio-cultural RIMESIS o modelo ecosistema–cultura complementado [9]

Los dos órdenes complementados resultantes fueron medio eco-sistémico y sistema socio-cultural y sus componentes son los siguientes [9]:

1. El medio eco-sistémico se define como un orden circunscrito al ámbito de la tierra constituido básicamente por tres componentes: los ecosistemas con algunos complementos y modificaciones, los fluidos del medio natural y los dones de la tierra. Éstos últimos coinciden con algunos de los denominados recursos naturales.
2. El sistema socio-cultural se caracteriza como un sistema complejo evolutivo formado por una comunidad que presenta relaciones sociales verticales y transversales, desarrolladas en un espacio ordenado o modificado, con acumulación de tradiciones técnicas, tecno-científicas, sociales y simbólicas, que se transmiten entre generaciones y permiten a la especie humana sobrevivir, vivir, potenciarse y evolucionar como sociedad. Este sistema es producto de la evolución de los seres humanos (evolución física y cerebral).

No obstante, para efectos prácticos, se seguirá denominando ecosistema al medio eco-sistémico y cultura al sistema socio-cultural. Se aclara que de acuerdo con el modelo ecosistema–cultura complementado y

que se encuentra en la Figura 1, las dimensiones ambientales se encuentran enmarcadas dentro de la naturaleza y ésta se concibe como todo aquello que compone el universo. Entonces, la misma está constituida por materia, energía, información, espacio y tiempo. En el modelo complementado se profundizó en las propiedades y características tanto de las relaciones, como de las interacciones entre las dimensiones ambientales.

### **2.3 Relaciones ambientales o relaciones entre las dimensiones ambientales**

Las relaciones ambientales son las conexiones o correspondencias que se establecen entre las dimensiones ambientales (sistema socio-cultural, ecosistema y actividad productiva). Estas relaciones se encuentran enmarcadas dentro de la naturaleza, es decir, están constituidas por materia, energía, información, espacio y tiempo. Las relaciones son más convenientes, por ejemplo, que las necesidades humanas, para articular comunidades ecosistemas y actividades productivas, porque subyacen a todo proceso de acercamiento, de contacto o de uso. La característica de conexión, correspondencia o relacionamiento entre componentes del universo, no tiene discusión. Son inmanentes al funcionamiento de éste y permiten su evolución, su cambio y se han manifestado desde su inicio. Estas conexiones, permiten conocer el universo, pues, de lo contrario, no se podrían recoger las señales que llegan, se perciben, registran, procesan e interpretan, para conocer el entramado de la naturaleza, del ambiente, su historia y sus posibles escenarios futuros.

Por lo tanto, las relaciones ambientales pueden identificarse y abstraerse para su conocimiento. Algunas de las características y propiedades de las relaciones ambientales son: éstas tienen carácter material, energético, simbólico e informativo, espacial o temporal; las mismas están orientadas a un fin, la satisfacción de las necesidades humanas u otras necesidades, a veces claramente definidas y otras veces no tan definidas; éstas son directas entre dos dimensiones ambientales. Es decir, cada relación conecta únicamente dos dimensiones, sin mediación alguna; los tipos identificados de relaciones, hasta el momento, son de flujo, de cambio y de parametrización; y si se dispone de la información necesaria, se puede establecer como fueron las relaciones en el pasado, como son en el presente y como se podrán desarrollar en el futuro. Esto permitirá estudiar la trayectoria seguida por un sistema ambiental.

### **2.4 Interacciones ambientales o interacciones entre las dimensiones ambientales**

En los estudios ambientales, además de relaciones existen interacciones ambientales. Es decir, acciones recíprocas entre dos órdenes o dimensiones ambientales. Las interacciones son las que regulan e integran el sistema ambiental. Una interacción se puede describir cualitativa o cuantitativamente. Además, una interacción puede involucrar las dimensiones completas, entre las que ocurre la acción recíproca, o partes de las mismas. Se sabe que en los años setenta ya se trabajaba en los principios de interacción entre la sociedad y la naturaleza [11], principios que también fundamentan las relaciones e interacciones entre el ecosistema y el sistema socio-cultural.

Algunos de estos principios contextualizados al enfoque ecosistema – cultura complementado, sumados a principios deducidos en esta investigación son:

- Toda interacción entre dos dimensiones ambientales está asociada a una actividad productiva específica con su fondo histórico de evolución que define su acción recíproca.
- Una interacción cambia constantemente, ya que amplía y profundiza su acción recíproca con las modificaciones e innovaciones en la producción.
- Las actividades productivas y las interacciones mismas en su constante evolución o cambio producen a la par cambios culturales perceptibles, como aumento en la división del trabajo, crecimiento poblacional, cambios en los patrones de consumo, en los símbolos, entre otros.
- Toda interacción involucra por lo menos dos relaciones entre dos dimensiones, esto por los efectos de la acción recíproca
- Una interacción involucra relaciones, entonces, está constituida por materia, energía, información, espacio o tiempo.

- Las relaciones se pueden caracterizar e integrar en la interacción, que puede ser simétrica o asimétrica.
- Cada interacción involucra 2 o más relaciones dimensionalmente idénticas, que conectan los mismos órdenes o dimensiones ambientales.
- Las interacciones pueden ser internas, dentro de la dimensión o externas, es decir, que producen acción recíproca entre dos dimensiones; la acción recíproca de las interacciones en el tiempo, manifiesta la dependencia evolutiva entre las dimensiones conectadas. Entonces, para el estudio de la co-evolución de las dimensiones, se deben estudiar a fondo sus interacciones.

## 2.5 Actividades productivas

El sistema socio-cultural se organiza, en parte, alrededor de la familia, las actividades productivas de la humanidad y la política. Las actividades productivas se desarrollaron en el proceso histórico-evolutivo de la sociedad humana y se han organizado en sectores productivos o sectores económicos. Esta organización en torno a la producción, se estructura y responde en función de las necesidades tanto individuales como sociales de la cultura, de acuerdo con su periodo histórico y lugar. En [9] se pueden consultar los componentes de los sectores productivos, además de la red social del estado en las ramas del poder y otros componentes de la sociedad colombiana.

Toda actividad particular de un sector productivo, se articula con componentes socio-culturales y ecosistémicos, como la política del sector, los recursos económicos y financieros disponibles, la tecnología, la población y organización social, el mercado interno y externo, el recurso hídrico, la atmósfera, los yacimientos minerales, etc. Por lo tanto, cada sector productivo regula su relacionamiento con el sistema socio-cultural y el ecosistema, por medio de políticas, leyes, decretos, resoluciones, normatividad en general, además de recursos disponibles, proyecciones, intervenciones sociales o distribución del trabajo.

En consecuencia, las relaciones e interacciones entre el ecosistema y la cultura, en torno a una actividad productiva, son reguladas por el sector productivo, independientemente de la conveniencia, consistencia y suficiencia de la regulación. De otra parte, toda actividad productiva tiene sus etapas de ciclo productivo o de transformación y los problemas ambientales surgen a lo largo de éstas. Entonces, es de importancia vital reconocer en su totalidad la actividad productiva y su relacionamiento con los ecosistemas y sistemas socio-culturales, con el fin de identificar las problemáticas ambientales y buscar soluciones a las mismas, lo que, en últimas, puede requerir de una modificación profunda en la actividad productiva.

## 3. MÉTODO

El desarrollo de la investigación se realizó dentro del marco ordenador Estado, Presión, Gestión EPG [12]. Dicho marco se ajustó al estudio del agua en el municipio de Sesquilé, lo que permitió dar pautas a cada etapa de la investigación, además, de organizar y manejar la información.

La primera etapa del estudio se denominó Estado y su referencia fue a todo proceso del estudio del agua en el municipio de Sesquilé, condición o información, que permitiera caracterizar el estado inicial o línea base del sistema ambiental. En esta etapa se generó y organizó aquella información relacionada con la cantidad, calidad y disponibilidad del agua, las condiciones del abastecimiento de agua potable y del tratamiento de las aguas residuales, las directrices ambientales del municipio y de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, las condiciones de los ecosistemas asociados, las acciones institucionales tanto de la alcaldía y el consejo municipal, como de las organizaciones cívico-comunitarias de las veredas Gobernador, Espigas, Santaferaña y Boitá, además del casco urbano del municipio. Se reunió toda la información fundamental inicial, que permitiera conocer tanto las dimensiones como las relaciones e interacciones ambientales, su grado de correlación y la estructura del sistema ambiental.

La segunda etapa de la investigación que se denomina Presión, se refiere a todo proceso del estudio, condición e información, relacionada con los agentes que usan o deterioran, el recurso hídrico en el municipio de Sesquilé y sus consecuencias o efectos sobre las dimensiones ambientales asociadas a dicho recurso. Las dimensiones ambientales, ecosistema, sistema socio-cultural y actividades productivas, no se

encuentran aisladas, éstas se articulan y funcionan de forma sistémica. Por lo tanto, cualquier acción o cambio que ocurra o se induzca en una dimensión, afecta a las demás dimensiones o partes del sistema ambiental, lo que exige que en todas las etapas y en particular en esta segunda etapa (Presión), sean estudiadas las dimensiones de manera integrada.

La tercera etapa de la investigación se denomina Gestión y se refiere a todo proceso del estudio, condición e información, relacionados con las simulaciones de los sistemas de abastecimiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales, sus impactos, efectos generados y recomendaciones, con el fin de tomar todas las acciones para la administración, organización y funcionamiento de estas actividades productivas asociadas al agua, que abarca todas las dimensiones ambientales involucradas y que busca como efecto la satisfacción de las necesidades humanas y la sostenibilidad del recurso hídrico.

El avance del estudio de los sistemas de abastecimiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Sesquilé, se encuentra en su primera etapa o de Estado, en la que se determinó la línea base ambiental y parte de las relaciones e interacciones ambientales. A continuación, se presentan los métodos usados para la determinación de la línea base de las dimensiones socio-cultural, productiva y eco-sistémica.

### **3.1 Métodos para la línea base eco-sistémica**

Se consolidó información secundaria proveniente de diferentes instituciones de orden local, regional y nacional relacionada con aspectos abióticos y bióticos para el área de influencia del estudio y de acuerdo con los elementos sugeridos para tal fin. Se realizó la búsqueda y recopilación de información secundaria disponible sobre la flora y fauna (herpetofauna, aves, mamíferos, peces y macro-invertebrados), con probabilidad de ocurrencia para la zona de estudio y se seleccionaron artículos de diferentes revistas científicas, tesis y bases de datos provenientes de plataformas sobre biodiversidad como [13 – 16]. De manera simultánea se recopiló información espacial disponible para el municipio de Sesquilé y se determinó el estado de conservación de las especies identificadas mediante la base de datos en línea de [17].

Posteriormente, se realizaron dos recorridos de observación en las microcuencas de las quebradas Santaferreña y Murciélagos para el reconocimiento de la biodiversidad y la toma de registro fotográfico con el fin de validar y enriquecer la información previamente consultada. Se tomaron con GPS las coordenadas de los puntos donde se realizó el registro fotográfico y observaciones dado el interés para el proyecto.

### **3.2 Métodos para la línea base socio-cultural**

Para el análisis de la dimensión socio-cultural se aplicó el enfoque cualitativo, ya que se buscó comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en su ambiente natural y en relación con el contexto de acuerdo con [18]. Se aplicó el diseño fenomenológico, recomendado por [18] para explorar, describir y comprender las experiencias de las personas respecto a un fenómeno y descubrir los elementos en común de tales vivencias. En el marco de la investigación cualitativa, ésta se inició con la revisión de documentos y registros como fuente importante de información, ya que dicha revisión favorece la comprensión del fenómeno estudiado, al ser generada de manera intencionada o no, por las personas, grupos, organizaciones o comunidades vinculadas con la investigación y que se recomienda en [19].

Respecto al uso de instrumentos, se utilizó la entrevista semiestructurada, con el fin obtener datos e información de las interpretaciones territoriales de las personas o comunidades, en torno al recurso hídrico (agua potable, para uso productivo o vertimientos), lo que de fondo tiene en cuenta la relación entre el sistema socio-cultural y su medio eco-sistémico. Por último, a partir de los comentarios realizados por los entrevistados, se organizaron salidas de campo a la Vereda Espigas, con el objetivo de observar el territorio, comparar la información de las fuentes primarias y secundarias, hacer reconocimiento y revisión de algunos lugares mencionados en las entrevistas e identificar algunos temas y escenarios importantes, además de permitir la entrevista de otros informantes clave como los y las campesinas que allí habitan.

### 3.3 Métodos para la línea base productiva

En lo que respecta a esta línea base, la información de las condiciones de operación de las plantas de tratamiento tanto de agua potable como de aguas residuales para el municipio de Sesquilé en Cundinamarca, fue brindada, en parte, por la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios del Municipio de Sesquilé ACUASES S.A. E.S.P., y la restante fue información recolectada por los investigadores del proyecto ambiental [20]. Se recolectó información sobre la captación, oferta y demanda de las plantas de tratamiento de agua potable, PTAP 1 (Santaferreña) y PTAP 2 (Boitá), que suministran agua potable al casco urbano y centro urbano Siatoya, además, de aquella requerida sobre los afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR 1 (Murciélagos) y PTAR 2 (La Playa), que depuran las descargas de aguas residuales de la cabecera municipal y del centro urbano Siatoya.

La información sobre los caudales de las quebradas que alimentan la PTAP 1, fue establecida a partir de aforadores triangulares, con ángulo de 60°, instalados en el curso de los cuerpos de agua y monitoreados durante un periodo de tiempo de 4 meses. El caudal de captación del canal Achury (o canal de desagüe del embalse de Tominé), que alimenta tanto la PTAP 1 como la PTAP 2, fue suministrado por ACUASES S.A. E.S.P. Por último, la información sobre el comportamiento de la demanda de los usuarios del sistema de acueducto administrado por ACUASES S.A. E.S.P., cubrió el periodo de 4 años, con datos bimestrales. A estos valores de demanda se les adicionó un 10% de su valor, debido a las pérdidas técnicas de los sistemas de tratamiento de agua potable.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presentan los resultados más importantes de la caracterización de la línea base de las dimensiones ambientales (microcuencas, plantas de tratamiento y organización institucional y cívico-comunitaria) y de las relaciones e interacciones para las actividades productivas.

### 4.1 Descripción y caracterización de la dimensión eco-sistémica

El municipio de Sesquilé se encuentra a una distancia aproximada de 45 km de Bogotá y limita con los municipios de Suesca (Norte), Guatavita (Sur), Chocontá (Oriente) y Gachancipá (Occidente). El municipio se encuentra conformado por el casco urbano y 11 veredas, ubicadas en tres grandes cuencas hidrográficas: 1. Cuenca del Sisga, conformada por las veredas Tierra Negra y el Hato; 2. Cuenca del río Bogotá, donde se localizan las veredas Espigas, Nescuatá, Boitiva y Boitá; 3. Cuenca de Siecha, en la que se encuentran las veredas San José, Gobernador, Chaleche, Centro y Salinas. Una parte del área de estudio, corresponde a tres quebradas que nacen en la vereda Espigas y su cauce atraviesa la vereda Gobernador y la cabecera urbana del municipio.

Se trata de las quebradas Santaferreña, Murciélagos y El Olvido, que son fuentes abastecedoras del sistema PTAP 1 (Santaferreña). La vereda Espigas presenta zonas de recarga en la que predominan areniscas con presencia de afloramientos rocosos, que reciben directamente el agua lluvia y la infiltran a los diferentes horizontes del suelo [21]. Esto permite el flujo de agua a las quebradas Santaferreña, El Olvido y Murciélagos, la última con caudal continuo únicamente en época de lluvia. Además, la Vereda presenta pendientes fuertes y relieve quebrado, que la convierten en una zona de riesgo por movimiento de masas, particularmente donde hay pérdida de la cobertura vegetal. Los incendios forestales son perturbaciones que han transformado la vegetación de la vereda y ponen en riesgo su oferta hídrica.

En contraste, la vereda Gobernador presenta algunas áreas con pendientes pronunciadas que no constituyen riesgo y es atravesada en la parte sur, por la quebrada el Olvido. Es una vereda que rodea parte del perímetro urbano, con predios legalizados y en proceso de subdivisión. Este proceso supone un aumento en el índice de ocupación [22] y de demanda hídrica. Ya en 2006, se expidió el decreto municipal 097, con el que se restringió dicho proceso, debido al posible déficit de suministro de agua representado. Esto último, incidió en el desarrollo proyectado para la zona [21-23]. Otra parte del estudio se localiza en la vereda Boitá. Esta vereda cuenta con zonas de planicie y zonas ligeramente quebradas. Las características de los terrenos de la vereda y la falta de políticas relacionadas con el desarrollo de vivienda, para el centro



urbano de la misma, condujo al desarrollo urbano desorganizado y generó alta demanda de recursos y servicios. En la vereda se concentran actividades agroindustriales de ganadería y floricultura y se instaló hace poco una central cervecera [22].

#### 4.1.1 Medio abiótico

Las zonas de estudio tienen altitudes entre los 2595 metros sobre el nivel del mar – m.s.n.m., como en el casco municipal, hasta los 3300 m.s.n.m de las partes altas de la vereda Espigas. Estas zonas presentan valores de precipitación anual entre 1250 y 550 mm. A partir de la información de la estación Bombas de Sesquilé (2120187), para el periodo 2008 – 2018, se registraron precipitaciones con promedio anual de 724 mm y acumuladas de 7965 mm. En su régimen anual, en las zonas de estudio se observa un periodo de mayor precipitación de marzo a julio, con un pico de 102,7 mm para abril y de menor precipitación de diciembre a febrero y que no supera los 30 mm mensuales.

La información sugiere que las precipitaciones siguen una distribución bimodal, influenciadas por la zona de convergencia intertropical ZCIT. Lo anterior, determina que las condiciones climáticas y atmosféricas de la región presentan dos periodos de baja precipitación, agosto–septiembre y diciembre–febrero y dos periodos de lluvias marzo–julio y octubre–noviembre. Este último periodo de lluvias es más fuerte y está acompañado por el descenso de las temperaturas medias, debido en parte, a la disminución de las temperaturas máximas y aumento de las mínimas.

La temperatura anual promedio en el municipio de Sesquilé varía de acuerdo con la elevación de cada sector. En el municipio se observan temperaturas promedio anuales de 10 a 15°C. En la vereda Boitá y la cabecera municipal se registran temperaturas de 14 a 15°C y en las veredas Gobernador y Espigas, las temperaturas oscilan entre 11 y 13°C. Elevación, temperatura y medio edáfico, establecen condiciones para la ocurrencia de especies y ecosistemas, que se convierten, en parte, en el conjunto de medios de vida que adaptan las comunidades locales.

#### 4.1.2 Medio biótico

Según el sistema de zonas de vida de Holdridge, y de acuerdo con caracterizaciones realizadas por [24], el área de estudio está ubicada sobre la cordillera oriental y pertenece al bosque húmedo montano bajo bh-MB con transición al montano bmh-M. Esta área se ubica entre 2500 y 3000 m.s.n.m. y se caracteriza por temperaturas medias anuales de 6 a 12 °C y precipitaciones promedio anuales de 500 a 1000 mm. En la vereda Espigas se encuentra vegetación de bosque altoandino, en la falda de los cerros Covadonga y Las tres viejas (cota de 2900 a 3000 m.s.n.m).

Su dosel está dominado por árboles de encenillo, romero, uva camaronera, uva de anís y laurel. Su sotobosque está conformado por arbustos de quebrollo, tuno, tabaco de monte y especies de la familia de las compuestas [21]. También, se observa vegetación paramuna en la parte superior de estos cerros en la cota de 3200 m.s.n.m., por la exposición continua a la acción de los vientos y el sol. Esta vegetación está dominada por tres estratos: rasante; herbáceo, con predominio del pajonal de *Calamagrostis efusa*; y arbustivo, con pequeños manchones de tuno, romero y pegamosco [21].

De acuerdo con la información recopilada de bases de datos, de la fauna del municipio, se tienen 856 registros de aves, con 57 especies reconocidas, repartidas en 48 géneros y 24 familias. También, se tienen 62 registros de anfibios con reconocimiento de 3 especies, representadas en 3 familias y 2 órdenes, además, de 58 registros de reptiles en los que se reconocen 4 especies, representadas en 4 familias y 1 orden. Finalmente, hay 12 registros de 7 especies de mamíferos reconocidos, representados en 7 familias y 4 órdenes.

Los registros muestran especies casi endémicas CE, algunas especies casi amenazadas NT y las demás especies se encuentran en preocupación menor LC. Solo la especie de mamífero *Sylvilagus brasiliensis* se identificó en la categoría de peligro de extinción EN. En general, las especies enfrentan una disminución de su población, por la destrucción y degradación de su hábitat. La destrucción y degradación son causadas,

principalmente, por actividades agrícolas, procesos de urbanización y de conversión de hábitats naturales en plantaciones de pinos y cultivos de papa, que disminuyen los sitios de anidación y de refugio para las especies. En todo caso, la deforestación y pérdida de la complejidad de los ecosistemas, también puede ser una amenaza importante a corto plazo, en el municipio.

En lo que concierne a la microcuenca de la quebrada Santaferña, ésta presenta trayectos bien conservados, con vegetación de porte medio. La ronda hídrica presenta vegetación característica de zonas húmedas, con abundantes epifitas tales como bromelias, helechos, alta presencia de briofitos que generan un dosel cerrado. No presenta estrato arbóreo superior y el estrato arbóreo inferior tiene una cobertura del 70%, mientras el estrato herbáceo posee una cobertura promedio del 10%. El grado de desgaste de la ribera es de baja susceptibilidad, debido a que se encuentra protegida por raíces y presenta un ángulo suave de pendiente, menor a 15°C. Los árboles de la ribera dan sombra al cauce, lo que hace que la entrada de energía lumínica sea escasa. Se resalta, que en los troncos caídos hay alta presencia de briofitos y pteridofitos, ya que el material leñoso aportado por los árboles constituye una fuente de recursos energéticos y además, provee gran variedad de refugios para la vida de la zona.

En la parte alta de la microcuenca a 2925 m.s.n.m., se encuentra una zona intervenida, con predominio de potreros y presencia de árboles distribuidos en forma dispersa. Esta zona combina pastos y espacios con relictos de bosque natural, arbustos y matorrales. Las zonas límite entre espacios naturales y áreas de potrerización, generan un efecto de borde. Este efecto se debe a la barrera física constituida por la matriz continua de pastos, que impide la llegada de semillas y la regeneración de estas zonas. De acuerdo con el PBOT, estas zonas se encuentran establecidas para la conservación y son estratégicas para la captación de agua.

La microcuenca de la quebrada Murciélagos presenta tres tipos de matriz. En la parte baja se encuentra bordeada por dos matrices, una urbanizada y otra agropecuaria. La vegetación de ribera de esta parte está reducida por los dos márgenes, además de bordeada por pequeños parches de vegetación secundaria y de especies introducidas como el eucalipto y la acacia negra. En general, la vegetación natural de esta parte ha desaparecido totalmente, por el cambio de uso del suelo. En esa zona se desarrollan actividades agropecuarias, aunque se observan individuos de herbáceas propias de la misma.

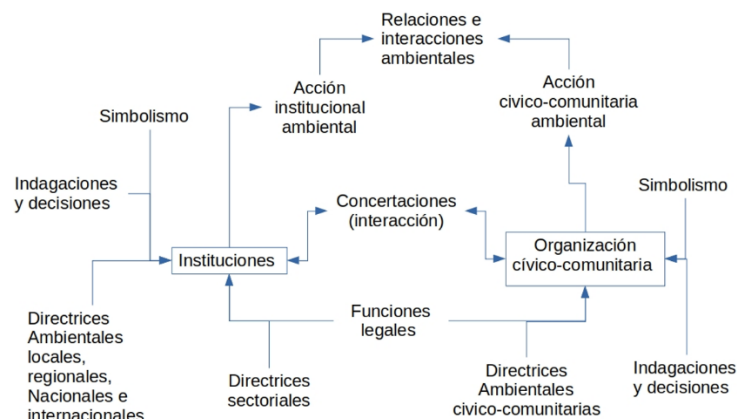
En la parte media de la microcuenca, en el cauce de la quebrada, se encuentra un bosque denso, con especies arbustivas y arbóreas nativas y presenta dosel cerrado sobre el cauce de la quebrada. En las laderas de las montañas de la parte media y alta de la microcuenca, se observó vegetación de páramo y plantaciones de pino pátula. La vegetación es de porte bajo, expuesta a un suelo rocoso, vientos fuertes y temperaturas extremas y de acuerdo con la información suministrada por el guía de la zona, el área ha sido sometida a perturbaciones por incendios causados principalmente por actividades humanas.

## **4.2 Descripción y caracterización de la dimensión socio-cultural**

Tal como antes se presentó, en el modelo ecosistema – cultura complementado, la dimensión socio-cultural está constituida por la comunidad y sus relaciones sociales, su espacio ordenado o modificado y sus tradiciones técnicas, tecno-científicas, sociales y simbólicas. Es a través de la acción colectiva institucional y cívico-comunitaria, principalmente, que se establecen las relaciones e interacciones socio-culturales con los ecosistemas y en esta conexión median las actividades productivas. Un esquema sugerido para estas relaciones e interacciones se presenta en la Figura 2.

De acuerdo con la Figura 2, el nivel institucional con sus funciones constitucionales y legales, simbolismo, directrices, concertaciones, indagaciones y decisiones, que derivan en su acción ambiental, establece relaciones ambientales a través del ordenamiento del territorio, el suministro de servicios básicos, la construcción de obras civiles, la promoción de la participación comunitaria, entre otras acciones. A partir de las dependencias del nivel institucional del municipio de Sesquilé (alcaldía y entes descentralizados), relacionadas con los sistemas de abastecimiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales, fueron seleccionadas 4 secretarías, la de planeación, la de integridad social y turismo, la de desarrollo rural, emprendimiento y medio ambiente, la administrativa y de gobierno y la inspección de policía. En estas se

realizaron las entrevistas. Las entrevistas incluyeron 11 preguntas de base, en 5 ejes temáticos: Opinión sobre la actualización del PBOT, proyectos relacionados con agua y saneamiento, acuerdos y conflictos sobre el uso del agua, identificación de problemas ambientales en el municipio e identificación de interlocutores válidos en las veredas de Espigas, Gobernador y el asentamiento periférico de Boitá.



**Figura 2.** Relaciones e interacciones socio-culturales, institucionales y cívico-comunitarias

En el estudio, con frecuencia las personas identificaron los incendios forestales en la vereda Espigas como problema ambiental y, por lo tanto, se realizó una entrevista al comandante del cuerpo de Bomberos de Sesquilé y se incluyó este cuerpo como parte de la estructura institucional de orden nacional. De otra parte, las categorías de análisis surgieron de las respuestas de los entrevistados. Es de notar que las respuestas dadas por los entrevistados del nivel institucional se relacionan directamente con su dependencia de trabajo, su contexto laboral y sus funciones. Aun así, se encontraron coincidencias en las respuestas de todos, independientemente del eje temático de la entrevista, tal como se puede observar de la Tabla 1.

**Tabla 1.** Categorías de análisis identificadas en la organización institucional

Categorías de análisis	Frecuencia
Usos del cambio de suelo en el municipio	5
Formulación del Plan Maestro del Acueducto y Alcantarillado	4
Sentencia de descontaminación del Río Bogotá	4
Déficit hídrico, contaminación e incendios en la vereda Espigas	9
Asentamiento ilegal de Siatoya (vereda Boitá)	4
Presencia de la comunidad Muysca	3

Otro componente socio-cultural es la organización cívico-comunitaria del municipio, que se reúne en torno a uno o varios puntos de interés y representa una forma de ejercer participación ciudadana, con el objetivo de obtener beneficios colectivos. Ejemplos de este tipo de organización son las juntas de acción comunal, la asociación de juntas de acción comunal, las juntas administradoras de acueductos veredales, asociaciones de productores y asociaciones étnicas. A partir de las entrevistas semiestructuradas realizadas a personas de estas organizaciones de Sesquilé, vinculadas al sector agua y al territorio, surgieron las categorías de análisis que se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Categorías de análisis identificadas en la organización cívico comunitaria

Categorías de análisis	Frecuencia
Mal manejo ambiental en la parte alta del municipio	4
Baja participación comunitaria	6
Déficit hídrico e incendios en Espigas	6
Bajo calidad y cantidad del agua (disponibilidad)	6
Monocultivo de papa	2
Ausencia de la administración municipal	3
Presencia de la comunidad Muysca	3

De los aspectos identificados y que se destacan en las categorías anteriores, respecto a la demanda de agua en el municipio, está la presión sobre el recurso hídrico debido al aumento de la población en los últimos años y el aumento de la demanda hídrica por los cambios de uso del suelo. El aumento de la población y de

su demanda de agua se revisa en el próximo numeral. El aumento de la demanda hídrica por cambios de uso del suelo fue establecido a partir de la identificación algunos hitos normativos como las resoluciones de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, que declaran concertados los asuntos ambientales y los decretos municipales de adopción del plan básico de ordenamiento territorial y sus revisiones, que incluyen cambios en el uso del suelo: de agropecuario a urbanístico o vivienda campestre; de producción agropecuaria a vivienda campestre; y en los últimos tiempos, de producción agropecuaria a actividad industrial.

Otro aspecto relevante de las categorías está asociado a la vereda Espigas. Las quebradas Santaferaña, Murciélagos y El Olvido nacen en esta vereda y son las que surten el sistema PTAP 1 (Santaferaña), que abastece de agua potable a la cabecera municipal. La vereda Espigas es mencionada por los entrevistados como una zona de incendios forestales y que alberga especies foráneas como pino, eucalipto y acacia.

También ellos mencionan, que este territorio es una fuente abastecedora de agua potable para el municipio y que debería establecerse como zona de reserva forestal protectora. En particular, dicha vereda sufre periódicamente déficit hídrico de agua potable para sus habitantes, lo que obliga al suministro de agua potable con carrotanques, sobre todo en épocas de estío (diciembre-enero).

Sobre la modificación del espacio y su ordenamiento en Sesquilé, se elaboró una línea de tiempo, que mostró que este espacio socio-cultural empezó a sufrir graves alteraciones, a partir de la colonización española en el año 1600, lo que simultáneamente afectó al recurso hídrico. Inicialmente, fue la tala intensiva de bosques para la generación de latifundios ganaderos y para leña, requerida en los hornos de sal y la producción de carbón, que suponen una disminución de la oferta hídrica de los ecosistemas del municipio y que se desarrolló hasta el siglo XVIII de manera ininterrumpida. Ya en la primera mitad del siglo XX se registra intensa actividad constructiva en el municipio. Se trata de la construcción de vías e infraestructura de saneamiento básico y para actividades sociales.

En este período también se desarrolla el proceso de industrialización de la sal, la instalación de fábricas de telares (25) y continúa la explotación maderera en las veredas Tierranegra y el Hato, destinada para combustible de los hornos de sal y los chircales y como vigas en las minas de carbón. En este mismo periodo, se perdió la navegabilidad del río Bogotá y aumentó significativamente su contaminación, principalmente por la deforestación de la cuenca alta del río y la instalación de curtiembres en los municipios de Villapinzón y Gachancipá (25).

A partir de la década de los 60 del siglo XX, existe una presión adicional sobre el recurso hídrico en la vereda Espigas debido a su parcelación. Los cerros de esta vereda presentan áreas de infiltración y escurrimiento para las quebradas Santaferaña, Murciélagos y El Olvido y éstas comienzan a verse afectadas por estos cambios de uso del suelo. Además, en esta década comienza la urbanización de zonas rurales del municipio, principalmente en las veredas Boitivá, Boitá y Nescuatá (25).

En 2014 se establecen dos instrumentos jurídicos dirigidos a la protección del agua del municipio, a saber: La sentencia del Consejo de Estado sobre la descontaminación del Río Bogotá y la declaración de Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá, Resolución 138 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en la que se protegen áreas del municipio por encima de la cota 2650 metros sobre el nivel del mar, con un área aproximada de 4000 hectáreas.

Por último, en el estudio socio-cultural se identificó el simbolismo asociado a los mitos muyscas, entendidos como primera configuración del hombre sobre la tierra y su interpretación imaginaria del mundo. Para los muyscas, la representación de la rana como símbolo agua - luna, es de especial importancia, ya que esta representación manifiesta su relación con el agua y el carácter sagrado asociado principalmente a lagunas y cascadas. Desde un punto de vista filosófico [26], el acceso a los cuerpos de agua permite el desarrollo agrícola, utensiliar y técnico y, por lo tanto, existe un desarrollo de la cultura asociado a las formas económicas colectivas de las comunidades, en las que no se separan las ideas de naturaleza, cultura y sistemas de producción.

### 4.3 Descripción y caracterización de la dimensión productiva, sus relaciones e interacciones

El agua cruda disponible de las fuentes de suministro para los sistemas de potabilización Santaferaña y Boitá no reúne las condiciones requeridas para su consumo directo, pues los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, mostraron, principalmente, que el color aparente (mayor a 30 UPC) y la turbiedad (mayor a 4 UNT) superan los valores aceptados [27] y, además, existe presencia de coliformes y *Scherichia Coli* en las aguas. El cálculo del IRCA dio un nivel de riesgo alto con valor de prueba superior al 60% para los dos sistemas. De todas maneras, estas fuentes de agua tienen condiciones que las hacen aptas para su potabilización y, por lo tanto, requieren tratamiento.

El sistema PTAP Santaferaña, abastece de agua potable a la cabecera municipal y se diseñó con una capacidad máxima de tratamiento de agua cruda de 15 L/s, además consta de: bocatomas en el curso de las quebradas Santaferaña (que le da el nombre al sistema), El Olvido y Murciélagos (fuente intermitente) y una estructura de captación sumergida para el Canal Achury; 2 tanques de almacenamiento de agua cruda mezclada de 420 m<sup>3</sup> de capacidad; un sistema de caja de medición con cono de mezcla rápida; un floculador de 9 cámaras; un sedimentador tipo colmena de flujo vertical de doble capa; tres filtros a presión con lecho filtrante de 4 capas; y dos tanques de almacenamiento de agua tratada de 480 m<sup>3</sup>. Al final del tratamiento, el agua reúne las condiciones para su consumo [27]. En la Figura 3 aparece la oferta de agua cruda de las fuentes de este sistema.

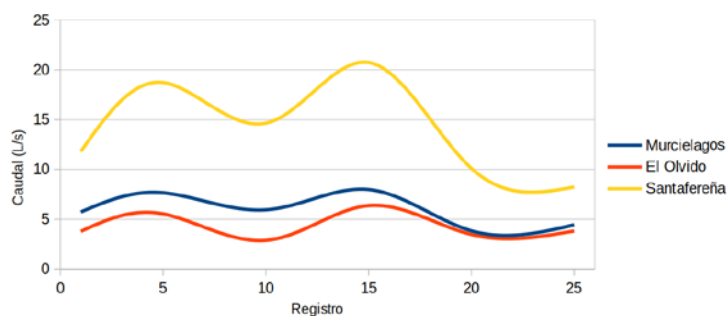


Figura 3. Caudales quebradas Murciélagos, El Olvido y Santaferaña

El sistema PTAP Boitá, abastece de agua potable al centro urbano Siatoya, en la vereda Boitá, tiene capacidad máxima de tratamiento de agua cruda de 6 L/s y consta de: una estructura de captación sumergida en el Canal Achury que suministra agua cruda; un sistema de caja de medición con cono de mezcla rápida; un floculador de 11 cámaras; un sedimentador tipo colmena de flujo vertical; dos filtros lentos por gravedad con lecho filtrante de 4 capas; y dos tanques de almacenamiento del agua tratada de 170 m<sup>3</sup>. Al final, el agua potabilizada reúne las condiciones de [27]. En la Figura 4 se presenta la demanda de agua potable de la cabecera municipal y centro urbano Siatoya.

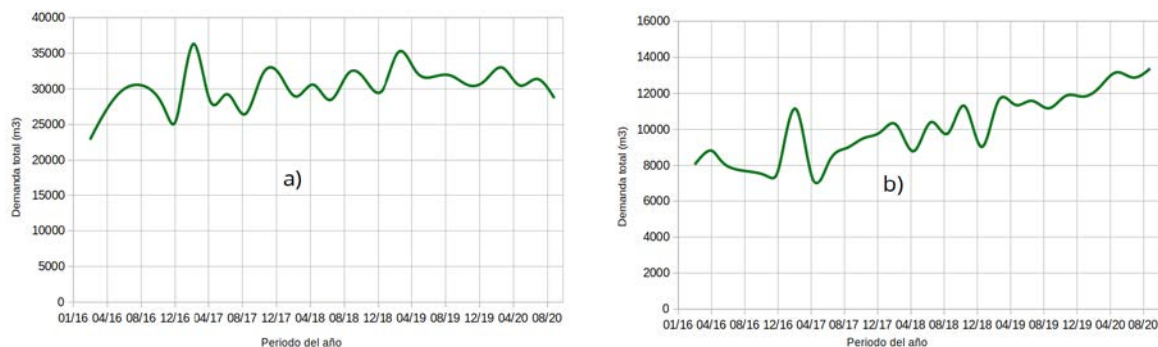


Figura 4. a) Demanda de agua potable de la cabecera municipal en el periodo 2016–2020. b) Demanda de agua potable del centro urbano Siatoya en el periodo 2016–2020

Respecto a los vertimientos de aguas residuales de la cabecera municipal y el centro urbano Siatoya, estos se conducen hasta los sistemas PTAR 1 (Murciélagos) y PTAR 2 (La Playa). Los dos sistemas de tratamiento los administra ACUASES S.A. E.S.P. El sistema de tratamiento de la PTAR Murciélagos consiste en dos lagunas aireadas y su afluente es el colector principal de la cabecera del municipio [28]. Este sistema trata el 60% de

las descargas de aguas residuales de la cabecera y por él fluye un caudal continuo de 4,5 L/s. Cuando se supera este caudal, se deriva el flujo adicional por un bypass que vierte el exceso de aguas residuales sin tratamiento, directamente al efluente. En la primera laguna se encuentra el sistema de aireación difusa e igualmente cumple con el proceso de sedimentación y lodos. La segunda laguna es facultativa.

El efluente del sistema lagunar descarga en la quebrada Murciélagos en su parte baja, que finalmente tributa al río Bogotá. El tiempo de retención hidráulico de la PTAR Murciélagos es de 24 días. Las aguas residuales del afluente no cumplen con las exigencias legales para su vertimiento directo, pero, una vez realizado el tratamiento, la calidad de agua mejora considerablemente, acercándose al cumplimiento de las exigencias legales, para vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas a cuerpos de agua superficiales, de los prestadores de servicio público de alcantarillado [29].

El sistema de tratamiento de la PTAR La Playa, consiste en un sistema de lodos activados con pretratamiento y tratamiento secundario y caudal de diseño de 15 L/s [30]. El tratamiento preliminar del sistema, incluye una cámara de llegada, el cribado con rejillas para la retención de partículas mayores o iguales a 10mm, un desarenador y un pozo profundo con sistema de aireación extendida. El tratamiento secundario de este sistema, se compone de dos reactores de cama de lodo granular expandido EGSB, un bioreactor de aireación con medio móvil, un sedimentador secundario, un tanque de contacto y la estructura de descarga.

El afluente del sistema PTAR La Playa, está constituido por el 40% del caudal de agua residual del colector principal de la cabecera del municipio y el 90% de las aguas residuales del centro urbano Siatoya. El tiempo de retención hidráulico del sistema es de 8 horas y las aguas residuales tratadas, que ya cumplen con la exigencia normativa, son vertidas al río Bogotá. Ahora, se revisarán las relaciones e interacciones de las actividades productivas. Para entender el relacionamiento, en la Figura 5 se presenta un esquema representativo del sistema de tratamiento PTAP Santaferaña.

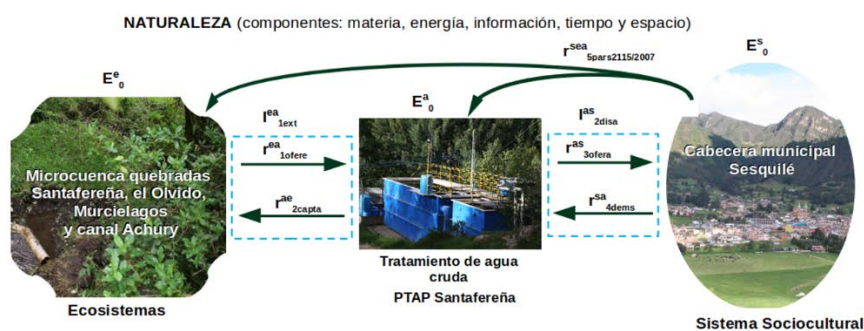


Figura 5. Relaciones e interacciones del sistema PTAP Santaferaña

A partir de la Figura 5 se tiene que el sistema PTAP Santaferaña, presenta las siguientes 5 relaciones principales:  $r^{ea}_{1ofere}$  que es la relación de oferta hídrica del ecosistema y que va del ecosistema a la actividad productiva  $ea$ ;  $r^{ae}_{2capta}$  que es la relación de captación de la actividad productiva y que va de la actividad productiva al ecosistema  $ae$ ;  $r^{as}_{3ofera}$  que es la relación de oferta hídrica de la actividad productiva y que va de la actividad productiva al sistema socio-cultural ( $as$ );  $r^{sa}_{4dems}$  que es la relación de demanda de agua potable del sistema socio-cultural y que va del sistema socio-cultural a la actividad productiva  $sa$ ; por último,  $r^{sea}_{5pars2115/2007}$  que es la relación de parametrización de las características y condiciones del agua para consumo humano y que va del sistema socio-cultural tanto al ecosistema como a la actividad productiva  $sea$ . Además de las relaciones anteriores, desde la Figura 5 se puede observar que el sistema PTAP Santaferaña contiene las 2 interacciones siguientes:  $I^{ea}_{1ext}$  que es la interacción de extracción de agua del ecosistema para la actividad productiva y  $I^{as}_{2disa}$  que es la interacción de disponibilidad de agua potable de la actividad productiva para el sistema socio-cultural. Ahora se explicarán las relaciones  $r^{ea}_{1ofere}$ ,  $r^{sa}_{4dems}$  y las interacciones.

La primera relación de oferta hídrica del ecosistema ( $r^{ea}_{1ofere}$ ): requiere un cuerpo de agua, ya sea superficial, subterránea o estancada; representa la cantidad de agua cruda que en el tiempo está disponible y en condiciones de potabilización, destinada a usos en el sistema socio-cultural y otras actividades productivas; depende de la cuenca o microcuenca, estacionalidad y condiciones eco-sistémicas, por ejemplo, condiciones

meteorológicas de la zona y actividades productivas como agricultura o ganadería; es independiente de la demanda del sistema socio-cultural; se puede estimar a través del aforo de las quebradas o estudios hidrológicos y presenta valores máximos; sus componentes son materia, energía, información, tiempo y espacio; las propiedades de esta relación dependen de los componentes del agua, que en general, se desagregan en las sustancias (materia) que componen el flujo hídrico e información transportada; su energía es potencial gravitacional; el tiempo es homogéneo en la escala de estudio del espacio y de velocidades y el espacio también es homogéneo; se caracteriza inicialmente por su cantidad, caudal o flujo de agua cruda, por ejemplo en L/s, calidad, cumplimiento de [27] y disponibilidad (cantidad y calidad).

Para el caso particular de abastecimiento de agua potable en Sesquilé, se determinó que esta relación,  $r^{ea}_{1ofere}$ , es alimentada y mantenida por cuatro fuentes, las quebradas [20]: Santaferreña con un caudal promedio de 2,2 L/s, El Olvido con caudal promedio de 1,5 L/s, Murciélagos que aporta en los meses de altas lluvias, generalmente julio y agosto, con un caudal promedio de 3,0 L/s, y el Canal Achury, que aporta el volumen de agua complementario y requerido por el sistema. Estas fuentes se constituyen en los componentes más desagregados de  $r^{ea}_{1ofere}$ , respecto a la oferta hídrica del ecosistema. El caudal en las quebradas se determinó a través de aforadores triangulares y sus valores para el periodo de monitoreo se presentaron en la Figura 2. En la misma Figura se puede observar que el caudal de suministro de agua cruda de las quebradas depende de la época del año, con dos periodos de máximo caudal y dos mínimos. En consecuencia, las quebradas no suministran agua de forma constante al sistema PTAP Santaferreña y se requiere bombear agua del Canal Achury, para mantener la oferta del sistema.

El agua captada continuamente por la PTAP Santaferreña, suma en promedio 3,7 L/s. En los meses de julio y agosto aumenta el caudal promedio captado hasta 7 L/s, debido a los aportes de la quebrada murciélagos. Si se buscara cambiar esta relación,  $r^{ea}_{1ofere}$ , de tal manera que aumentara su valor de oferta promedio, esto puede conseguirse reforestando las microcuencas de las quebradas, principalmente Murciélagos y cuidando sus rondas hídricas o con un bombeo mayor de agua desde el Canal Achury, que mantiene un caudal promedio de 2,5 m<sup>3</sup>/s. Esta última opción involucra mayores costos para el tratamiento de potabilización del agua en la PTAP Santaferreña, porque requiere bombear el agua desde el Canal Achury y un tratamiento más exigente, ya que las aguas de este canal presentan más contaminantes que las quebradas, principalmente sedimentos. La última opción, es construir un sistema de transporte de agua cruda desde el río San Francisco, opción que requiere infraestructura de transporte a lo largo de 20 km desde la vereda Tierra Negra de Sesquilé.

Otra relación de importancia es la  $r^{sa}_{4dems}$ , relación de demanda de agua potable del sistema socio-cultural, que representa la cantidad de agua potable requerida por el sistema socio-cultural y las actividades productivas del mismo; depende de la comunidad, las empresas y demás organizaciones que requieren agua potable para su funcionamiento (número y tipo de usuarios, empresas y usos); es independiente de la oferta hídrica del sistema de tratamiento de agua cruda; los componentes de esta relación son materia, información, tiempo y espacio; las propiedades de esta relación dependen de sus componentes, que en general, se desagregan en los distintos tipos de sustancias (materia) que componen el flujo e información transportada; el tiempo es homogéneo en la escala de estudio del espacio y de velocidades, e igualmente el espacio es homogéneo.

La demanda de agua potable de la cabecera municipal se presentó en la Figura 3 a). Se debe aclarar que, de acuerdo con la demanda de agua potable de la cabecera municipal, ACUASES S.A. E.S.P. ajusta la oferta de la PTAP santaferreña. Aquí se establece una correlación o dependencia entre  $r^{as}_{3ofera}$  y  $r^{sa}_{4dems}$ , para esta actividad productiva particular de Sesquilé. En la Figura 4 a) se observa también, que en los bimestres enero – febrero de esos años, hay mayor consumo de agua en la cabecera municipal, excepto en 2016 y 2018. En 2016 y 2017, el consumo total promedio bimestral aumentó de 26.825 a 29.609 m<sup>3</sup> y en 2018 y 2019 se superaron los 30.000 m<sup>3</sup> bimestrales. En lo corrido de 2020 se tuvo un promedio de consumo bimestral de 30.891 m<sup>3</sup>. De acuerdo con lo anterior, se tendrá en cuenta como demanda de agua potable de la cabecera municipal, el promedio de los tres últimos años que es de 30.929 m<sup>3</sup> de agua por bimestre.

A la demanda anterior, es necesario sumarle el agua potable utilizada para la limpieza de la misma planta (pérdidas técnicas bimestrales), que en general se estima en 10% del agua suministrada y facturada a los

usuarios. Entonces, la captación,  $r^{ae}_{2capta}$ , de la PTAP Santaferreña se estima en 34.022 m<sup>3</sup> de agua cruda por bimestre. De los aportes bimestrales, 19.181 m<sup>3</sup> provienen de las quebradas Santaferreña y El Olvido y 14.841 m<sup>3</sup> del Canal Achury. En julio y agosto el aporte de la quebrada murciélagos a esta PTAP, permite que el caudal captado aumente hasta 7 L/s. Entonces, los aportes de las tres quebradas, con más de 36.000 m<sup>3</sup> bimestrales, son suficientes para cubrir tanto la captación como la oferta del sistema PTAP Santaferreña. Las épocas de lluvia anuales han aumentado en Sesquilé, se supone que por el cambio climático global. Por lo tanto, el aporte de la quebrada Murciélagos al sistema PTAP Santaferreña comienza a ser significativo todo el año. Es posible que no se requiera bombear agua cruda a la PTAP Santaferreña, desde el Canal Achury, siempre y cuando se mantenga el caudal de la quebrada Murciélagos igual o por encima de 3 L/s.

El mismo análisis se realizó con el sistema PTAP Boitá. Este sistema capta agua únicamente del Canal Achury ( $r^{ea}_{1ofere}$ ), que tiene una oferta de 2,5 m<sup>3</sup>/s. El sistema PTAP Boitá capta agua ( $r^{ae}_{2capta}$ ) y oferta ( $r^{as}_{3ofera}$ ) de acuerdo con la demanda ( $r^{sa}_{4dems}$ ) del centro urbano Siatoya y los requerimientos de limpieza de la planta (pérdidas técnicas). Existe correlación o dependencia entre la captación del sistema PTAP Boitá,  $r^{ae}_{2capta}$ , la oferta del mismo,  $r^{as}_{3ofera}$ , y la demanda del centro urbano Siatoya,  $r^{sa}_{4dems}$ . De acuerdo con la Figura 4 b), en general, el consumo o demanda ( $r^{sa}_{4dems}$ ) de los usuarios ha aumentado entre 2016 y 2020. En el año 2016 la demanda promedio bimestral fue de 8.060 m<sup>3</sup>. Para el año 2020 aumentó la demanda promedio de los usuarios hasta 12.935 m<sup>3</sup> por bimestre, lo que significa un 62% de aumento. Esto se debe, en parte, al aumento del número de usuarios, que pasó de 396 en febrero de 2016 a 585 en agosto de 2020. Un aumento del 67% en el número de usuarios. Durante los años 2019 y 2020, se tiene un promedio de consumo bimestral mayor a 11.500 m<sup>3</sup>. Entonces, se tendrá en cuenta como demanda de agua potable del centro urbano Siatoya, el promedio de los dos últimos años de 12.262 m<sup>3</sup> de agua bimestral. Cuando se suman las pérdidas técnicas del sistema de tratamiento, del 10%, se estima una captación promedio bimestral de 13.488 m<sup>3</sup> de agua potable del sistema PTAP Boitá.

Debe tenerse en cuenta que en los periodos anuales donde aumenta la precipitación en la parte alta del río Bogotá, cambian drásticamente las condiciones de calidad del agua del canal achury. Lo anterior, debido a que el embalse de Tominé actúa como sistema de amortiguación del caudal del río Bogotá y, por lo tanto, es esos periodos existe reflujos en el Canal Achury. Con el reflujos en el Canal Achury disminuye la calidad de sus aguas y afecta los dos sistemas de tratamiento de agua potable, Santaferreña y Boitá. Este último tiene mayores afectaciones, pues, solo se surte del Canal Achury y en consecuencia, obliga a disminuir el caudal de captación del Canal, para garantizar que el tratamiento de potabilización sea completo.

Los promedios bimestrales de abastecimiento de agua potable para la cabecera municipal y el centro urbano Siatoya, en términos de caudales instantáneos, son 6,0 L/s y 2,6 L/s, respectivamente. Las aguas residuales tratadas en los sistemas PTAR Murciélagos y La Playa, corresponden a 3,6 L/s y 4,7 L/s, respectivamente. Esto indica que los sistemas PTAP y PTAR estudiados, se encuentran acoplados, de tal manera que el recurso hídrico que se potabiliza y abastece a la población de la cabecera municipal y el centro urbano Siatoya, es tratado antes de volver a los cuerpos de agua y con esto se garantiza tanto la recuperación del agua usada, como el cumplimiento legal. Los sistemas de alcantarillado del municipio y el centro urbano Siatoya, son combinados y por lo tanto, en época de lluvias, los colectores principales reciben la mezcla de aguas residuales y lluvias, pero, un sistema bypass en cada PTAR, permite que pase a la planta solo una parte de la mezcla. El caudal complementario que pasa por el bypass de cada sistema PTAR se vierte finalmente al río Bogotá, sin ningún tipo de tratamiento, pero, diluido debido a su mezcla con agua lluvia.

En cuanto a las interacciones, en la *Figura 4* se pueden observar dos, la interacción de extracción de agua cruda del ecosistema para potabilización  $I^{ea}_{1ext}$  y la interacción de disponibilidad de agua potable para el sistema socio-cultural  $I^{as}_{2disa}$ , ambas para el sistema PTAP Santaferreña que abastece de agua potable a la cabecera municipal. La interacción  $I^{ea}_{1ext}$ , involucra la relación de oferta del recurso hídrico del ecosistema  $r^{ea}_{1ofere}$ , su comportamiento se puede observar en la Figura 2, y la relación de captación de agua,  $r^{ae}_{2capta}$ , del sistema. La oferta de agua cruda, en promedio, es mayor a la captación, en promedio, lo que es muy importante, porque esto indica que se garantiza el caudal ecológico para las microcuencas, aguas abajo de la bocatoma en las quebradas Santaferreña, El Olvido y Murciélagos. Se espera que esta interacción sea lo más asimétrica posible, es decir, que la relación de oferta  $r^{ea}_{1ofere}$  sea muy grande respecto a la relación de



captación  $r_{2capta}^{ae}$ , con el fin de garantizar el mayor caudal ecológico posible. La otra interacción  $I_{2disa}^{as}$ , involucra las relaciones de oferta de agua potable del sistema PTAP Santaferreña  $r_{3ofera}^{as}$ , y de demanda de agua de la cabecera municipal  $r_{4dems}^{sa}$ . El comportamiento de esta última relación se puede observar en la *Figura 3 a*). Se espera que esta interacción sea lo más simétrica posible, es decir, que la oferta del sistema PTAP Santaferreña  $r_{3ofera}^{as}$ , en cantidad y calidad, sea lo más próxima a la demanda de agua potable de la cabecera municipal  $r_{4dems}^{sa}$ , con el fin de tener pérdidas mínimas en el sistema. Por último, se recomienda que cualquier interacción se analice en su contexto, con el fin de conocer qué comportamiento de simetría se espera de la misma, pues, no se han desarrollado, hasta ahora, criterios a priori de simetría para las interacciones.

## 5. CONCLUSIONES

La observación en campo mostró que la zona de recarga hídrica está en la parte alta del municipio, principalmente en la vereda Espigas. Allí existen zonas de potrerización con ganadería y relictos de vegetación nativa, potenciales para procesos restaurativos y establecimiento de corredores ecológicos. Sin embargo, cuando el cauce de las quebradas alcanza el casco urbano, se encuentra con viviendas, pérdida de vegetación nativa y presencia de basura. En consecuencia, la conservación de las quebradas requiere trabajo conjunto de autoridades locales y la comunidad.

Existe un potencial de semillas nativas en zonas de las microcuencas de las quebradas Santaferreña y Murciélagos, que la administración municipal puede aprovechar, para reforestar o restaurar rondas hídricas deterioradas y zonas potrerizadas. Esto, porque mantener la complejidad de los ecosistemas, permite enfrentar escenarios de cambio climático, debido a las capacidades del medio eco-sistémico para mantener su estructura, características y el flujo natural de agua.

Las entrevistas realizadas a funcionarios de la administración municipal, entes descentralizados, líderes sociales y campesinos de las zonas de estudio, revelaron que existen aspectos comunes importantes a resolver en el municipio, como el cuidado requerido para la vereda Espigas, en la que nacen fuentes importantes de agua cruda para el municipio, el déficit hídrico municipal y la presencia de la comunidad Muysca, la que requiere mayor acercamiento y estudio.

Fue posible caracterizar los sistemas PTAP 1 y 2, PTAR 1 y 2 y las relaciones e interacciones ambientales de algunos de estos sistemas. Existen aportes de tres quebradas y el Canal Achury, para garantizar el agua potable de la cabecera municipal y centro urbano Siatoya. Pero, se pueden garantizar los requerimientos de agua de la cabecera municipal, solo con las quebradas Santaferreña, El Olvido y Murciélagos, si estas fuentes suministran, en promedio, 7 L/s, todo el año. Lo anterior implica la necesidad de restaurar las zonas de recarga hídrica de la parte alta de la vereda Espigas y de la microcuenca y ronda hídrica de la quebrada Murciélagos.

### Reconocimientos

Los autores agradecen a la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Sesquilé Cundinamarca S.A. E.S.P. por permitir el espacio para desarrollar una estancia postdoctoral en el marco de la convocatoria 848, programa de estancias postdoctorales en entidades del SNCTI 2019 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia Minciencias.

## REFERENCIAS

- [1] Ángel A. (2013). El reto de la vida. Recuperado: <https://www.augustoangelmaya.org>
- [2] IDEAM. (2022). Estudio nacional del agua – ENA. The Ove Arup Foundation. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -
- [3] ANLA. (2018). Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. Agencia Nacional de Licencias Ambientales.
- [4] WMO. (2000). Programmes. World Meteorological Organization.
- [5] International Science Council. (2022). Action plan. 2022 – 2024: Science and society in transition. Recuperado: <https://council.science/actionplan/>
- [6] Interacademy Partnership. (2020). Programmes and Projects. Recuperado: <https://www.interacademies.org/activities/projects>
- [7] Global Scenario Group. (2010). Scenario Descriptions. Recuperado: <https://gsg.org/scenarios.html>
- [8] Kates R. et al. (2001). Sustainability Science. *Science* 292, 641-642.
- [9] Bourdon R. (2009). Formalización del modelo de interpretación ambiental de agosto ángel maya en representación de redes. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- [10] Carrizosa J. (2001). ¿Qué es ambientalismo? La visión ambiental compleja. Giro Editores Ltda.
- [11] Garkovenko R. et al. (1977). La sociedad y la Naturaleza: Principios de interacción. Editorial de Ciencias Sociales.
- [12] Vega L. (2005). Hacia la sostenibilidad ambiental del desarrollo. Ecoe Ediciones.
- [13] Bernal H. y Mesa C. (2014). Plantas medicinales endémicas de Colombia. Recuperado: [https://ipt.biodiversidad.co/sib/archive.do?r=puj\\_002](https://ipt.biodiversidad.co/sib/archive.do?r=puj_002)
- [14] Cárdenas T. y Ramírez L. (2021). Biodiversidad asociada al plan de manejo ambiental del embalse de Tominé, Cundinamarca. Grupo Energía Bogotá.
- [15] Londoño N. y Rojas J. (2021). Registros del inventario y monitoreo de la biodiversidad en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- [16] Ramírez L. (2021). Biodiversidad asociada al estudio de impacto ambiental para el proyecto de explotación de sal en el municipio de Sesquilé. Construcciones y Ambiente S.A.S.
- [17] UICN. (2018). Biodiversity. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- [18] Hernández R. y Mendoza C. (2018). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- [19] Hernández et al. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- [20] ACUASES S.A. E.S.P. (2021). Aproximación metodológica para el estudio ambiental de los sistemas de abastecimiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Sesquilé en Cundinamarca. Proyecto 80740-098-2020. Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Sesquilé Cundinamarca S.A. E.S.P.
- [21] Alcaldía de Sesquilé. (2000). Plan Básico de ordenamiento territorial. Alcaldía de Sesquilé.
- [22] Comité Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. (2018). Plan municipal de gestión del riesgo de desastres municipio de Sesquilé. Recuperado: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/28932?show=full>
- [23] Alcaldía de Sesquilé. (2007). Revisión y ajuste al Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Sesquilé. Alcaldía de Sesquilé.
- [24] CAR. (2018). Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Bogotá (Issue 2120). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- [25] Solano P. (2019). Historia Ilustrada de Sesquilé. Sello Editorial Municipio de Sesquilé.
- [26] Aguirre M. (2022). Entrevista a Mauricio Aguirre Céspedes sobre simbolismo indígena.
- [27] Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- [28] CAR. (1995). Manual de operación y mantenimiento. Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas municipio de Sesquilé. Edison Uribe Grupo Estudios y Diseños.
- [29] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
- [30] ACUASES S.A. E.S.P. (2018). Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, PTAR 2 municipio de Sesquilé. Construcciones LAMBDA S.A.S. Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Sesquilé Cundinamarca S.A. E.S.P.

# Reflexiones en torno al papel de la antropomorfización de la marca de lujo y sus implicaciones en el sujeto: Una mirada crítica desde las ciencias sociales

Juan Camilo Vallejo-Vélez<sup>1</sup>  
Juan Camilo Giraldo-Aristizábal<sup>2</sup>  
Klaus Heine<sup>3</sup>  
*Universidad EAFIT, Colombia*

El presente capítulo contiene una reflexión sobre el papel que desempeñan los conceptos de identidad, personalidad y antropomorfización de las marcas de lujo en el mercadeo. La primera parte aborda una aproximación teórica a las características simbólicas de *prestigio* vs *autenticidad* asociadas con la identidad. La segunda parte incluye una descripción sobre las principales dimensiones de la personalidad en las marcas de lujo. A partir del análisis en diversas fuentes se concluye que existen cinco dimensiones: *tradición*, *modestia*, *elitismo*, *excentricidad* y *sensualidad*. En una tercera parte se reflexiona, a manera de crítica, sobre las implicaciones sociales que tiene esta antropomorfización en el sujeto y en su deseo por consumir las marcas de lujo para satisfacer el afán de emulación y el mantenimiento del estatus<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup>Abogado, Especialista en Mercadeo, Magíster en Administración y Estudiante de Doctorado en Ciencias Sociales. Contacto: [jvallej3@eafit.edu.co](mailto:jvallej3@eafit.edu.co)

<sup>2</sup> Publicista y Diseñador gráfico, Magíster en estética e historia del arte y Doctor en Ciencias humanas y sociales. Contacto: [jcgiraldoa@eafit.edu.co](mailto:jcgiraldoa@eafit.edu.co)

<sup>3</sup> Magíster en Business Administration y Doctor en Marketing. Contacto: [heine@em-lyon.com](mailto:heine@em-lyon.com)

<sup>4</sup> En este capítulo de reflexión se utilizan apartes traducidos por los autores 1 y 2 del artículo *Personality-driven luxury brand management*, publicado por Klaus Heine et al. en *Journal of Brand Management* 25, 474–487 (2018).

## 1. INTRODUCCIÓN

¿Se puede interpretar a Porsche como un hombre exitoso y dinámico de unos 40 años? La investigación sobre las relaciones persona-objeto muestra, desde hace ya algún tiempo, que los consumidores pueden antropomorfizar las marcas, pensando en ellas como si fueran personajes humanos [1-4]. Así mismo, no tienen dificultades para asignar características humanas a las marcas [5] como si describieran a otras personas [6]. Aún más, tienden a mantener relaciones con las marcas similares a las que adoptan cuando interactúan con otras personas [7].

Algunos autores [8], consideran el antropomorfismo de marca como un fenómeno contemporáneo impulsado por cambios sociales como el advenimiento de avatares digitales<sup>5</sup> que puede contribuir incluso a la creación de amor por la marca [9], apelando a la interacción en redes sociales y metaversos.

Los gerentes de marca a menudo también alientan a los consumidores a atribuir cualidades humanas a sus marcas. Implementan técnicas de antropomorfización de marca utilizando personajes, mascotas, portavoces e influenciadores para crear un significado simbólico y mejorar la diferenciación de la marca. Dichas técnicas pueden fortalecer las relaciones consumidor-marca, lo que en última instancia afecta positivamente las preferencias del consumidor, la compra, la lealtad y el amor a la marca [10].

Paradójicamente, la evidencia empírica [3] sugiere que muchos directivos no creen que su marca sea una persona en sí misma, a pesar de que su objetivo es crear marcas antropomorfizadas en la mente de los consumidores. Desde hace aproximadamente dos décadas, la gestión de marca impulsada por la identidad se ha vuelto cada vez más popular. En comparación con el enfoque tradicional de la marca basada en el posicionamiento, la principal fuente de inspiración para la construcción de marca se ha desplazado de los análisis de consumidores y competidores a las creencias y la visión internas de la marca [12].

Desde el punto de vista de la personalidad de la marca, las empresas pueden aprovechar todo el potencial de la antropomorfización. Por ejemplo, pueden dotarla de un carácter fuerte, buscando despertar el entusiasmo y la pasión del cliente por la marca [13].

El objetivo de esta reflexión es revisar críticamente, desde su función social, la noción de antropomorfización de las marcas de lujo impulsadas por las características simbólicas de la identidad y las dimensiones de la personalidad de marca.

## 2. ACERCAMIENTO A LAS TEORÍAS DE LA IDENTIDAD DE LAS MARCAS DE LUJO

La identidad de marca es un concepto que sirve para establecer específicamente el significado que se origina en las creencias internas de las empresas, está impulsado por una visión y determina con precisión cómo los responsables del mercadeo desean que una marca sea percibida por sus clientes y otras partes interesadas.

El alcance de la identidad de una marca de lujo es limitado en la medida en que debe incluir un conjunto de características comunes que se comparten entre este tipo de marcas. Algunas investigaciones [14] sugieren que las marcas de lujo se caracterizan por una calificación relativamente alta en seis dimensiones principales, relacionadas con el producto, que incluyen precio, calidad, estética, rareza, lo extraordinario y el significado simbólico.

Las características simbólicas esenciales de las marcas de lujo incluyen *prestigio y autenticidad* [15]. Una de sus funciones principales es ayudar a sus consumidores a mejorar su estatus social, reflejando la visión del mundo y el gusto de la clase alta [16]. Todas las marcas de lujo, por lo tanto, son marcas de prestigio, mientras que no todas las marcas de prestigio son marcas de lujo, ya que pueden no cumplir con algunos

---

<sup>5</sup> Un ejemplo de cómo se usa la antropomorfización en la era de los *influencers* artificiales son las *Waifu* o novia virtual, personajes por los que un fan de la marca se siente atraído físicamente y con los que quisiera casarse o compartir su vida. Véase a Sam, la *Waifu* de Samsung que recoge varios atributos de la marca como la perspicacia y la juventud (<https://www.youtube.com/shorts/ZoiZZ99w67Q>).

criterios relacionados con el producto. Como el prestigio se origina en la *ilusión* (no genuina) y puede referirse a algo que es artificialmente brillante y llamativo, las marcas de prestigio pueden sufrir una percepción de falta de autenticidad.

La autenticidad de la marca es *una evaluación subjetiva de la autenticidad atribuida a una marca por los consumidores* [17]. Debido a que parecen reflejar polos opuestos, puede existir una compensación entre *prestigio y autenticidad*, lo que dificulta concentrarse simultáneamente en ambos conceptos. A medida que intentan agregar prestigio a sus marcas, los especialistas en mercadeo pueden correr el riesgo de perder cierto grado de autenticidad.

Al igual que con la idea de *el ying y el yang*, el *prestigio* y la *autenticidad* se requieren mutuamente en el contexto de la marca de lujo. Sin embargo, ambos no son inherentes a las marcas, sino parte de su reputación socialmente construida, que puede ser influenciada a través de técnicas de mercadeo [15].

Estas características simbólicas y relacionadas con el producto ayudan a distinguir las marcas que no son de lujo, como H&M y Toyota, de marcas de lujo como Dior y Rolls-Royce. Tales características son el *código de lujo* que cualquier marca de esta categoría tiene que cumplir, al menos hasta cierto punto. En este sentido, el *prestigio* se refiere a la manera cómo una marca compite en el mercado y sus conceptos asociados, tales como la experiencia, la cultura y la consistencia, mientras que la *autenticidad* de la marca puede percibirse como las buenas/malas intenciones de una marca [18].

La gestión de marca basada en la identidad puede ser particularmente adecuada para marcas de lujo por dos razones. En primera instancia, rara vez hay otro segmento de mercado donde los beneficios simbólicos tengan una relevancia similar y, a menudo, superen los beneficios funcionales del producto. Varias investigaciones [19] sugieren que los consumidores encuentran los productos de lujo útiles para expresar su identidad y personalidad ideal. En segunda instancia, la naturaleza de las marcas de lujo radica en ser fieles a quienes son y crear tendencias [12] en lugar de adaptarse a las tendencias de consumo de corto plazo.

Mientras que el mercadeo basado en el posicionamiento (masivo) tiene como objetivo definir y adaptar constantemente su posicionamiento en el mercado, de acuerdo con la investigación de mercados, la gestión de marca impulsada por la identidad (de lujo) busca derivar su posicionamiento deseado en el mercado a través de creencias y visiones internas. Finalmente, muchas empresas en la actualidad buscan hacer un cambio positivo en el mundo. La gestión de marca basada en la identidad podría ayudar a construir marcas apasionadas, que están impulsadas por un propósito superior más allá de hacer dinero [21].

Una vez expuesto el tema de la identidad de marca y sus características simbólicas a partir de las principales teorías que la explican, corresponde ahora describir el concepto de *personalidad de marca* como otro de los elementos que constituye la antropomorfización de las marcas de lujo.

### 3. ACERCAMIENTO A LAS TEORÍAS DE LA PERSONALIDAD DE LAS MARCAS DE LUJO

Existen numerosos estudios sobre las dimensiones de la personalidad de la marca, que han sido criticados porque no se puede generalizar el uso de escalas de medición en todos los casos [22]. Las teorías psicológicas sobre la antropomorfización de objetos inanimados se trasladaron en las últimas décadas a las áreas de comportamiento del consumidor y el *branding* [23, 24].

A pesar de este desarrollo, todavía hay mucha necesidad de nuevas contribuciones a la literatura [25]. El área de antropomorfización de la marca todavía recibe escasa atención [8, 26] pero se reconoce que está ganando relevancia en la investigación y la práctica de la gestión de las marcas [27]. Algunos análisis, que apuntan especialmente a las marcas de lujo, sugieren la aplicación de teorías psicológicas y la antropomorfización como vías principales para futuras investigaciones sobre el tema [28].

Con base en estas aproximaciones teóricas, a continuación, se aborda el concepto de la personalidad de marca para entender el rol que desempeña en la antropomorfización de las marcas de lujo.

### 3.1 Qué es la personalidad de marca

En sus inicios el concepto de *personalidad de marca* se refería a *cualquier atributo no físico asociado con una marca* [29, 30]. A lo largo de varias décadas, se ha utilizado y aceptado ampliamente [2] aunque se ha limitado su alcance al definirla como *el conjunto de características humanas asociadas con una marca* [5].

Esta última comprensión de la personalidad de la marca es análoga a la noción de *auto-concepto* en psicología [1] que equivale a lo que implica la extensión de la personalidad en los objetos que se poseen. En consecuencia, una empresa puede caracterizar la personalidad de su marca utilizando una amplia gama de características similares a las humanas. Es posible clasificar los principales tipos de descriptores de personalidad de marca en los siguientes: arquetipos de personalidad y modelos a seguir; rasgos de personalidad; valores personales; necesidades y motivos; sociodemográficos; características de identidad social (roles sociales y grupos de referencia); características físicas, habilidades y talentos; y estilos de vida.

Para desarrollar una comprensión clara de los rasgos de personalidad de la marca, es útil mantenerse cerca de su aplicación en psicología y distinguirlos de los conceptos que teóricamente [31] deberían manejarse por separado. Los rasgos de personalidad de la marca deben referirse solo a adjetivos no relacionados con el producto, lo que excluye rasgos como *premium*, valioso o de alta calidad [31].

Desde el punto de vista de la psicología, es necesario considerar los rasgos de personalidad como disposiciones personales latentes que ayudan a explicar y predecir patrones característicos de pensamiento, sentimiento y comportamiento [26, 2, 35]. Pero desde el punto de vista de las marcas, el significado y la relevancia de un adjetivo es contextual. Dependiendo del tipo de marcas que se evalúen, y en función de la categoría del producto y el segmento, términos tales como *enérgico*, *creativo* o *natural* pueden tener diferentes significados o pueden no ser relevantes en absoluto [33].

En el dominio del lujo, los rasgos que se refieren a problemas comunes de la vida, como *relajado vs. tenso*, pueden desempeñar un papel limitado [32]. Como las marcas de lujo comparten en cierto sentido el *código de lujo* antes mencionado, es probable que evoquen algunos rasgos específicos de la categoría, tales como *perfeccionista*, *preciso* o *culto*. Debido a este *efecto halo de categoría* [33], la diferenciación de la marca es difícil de lograr con dimensiones de personalidad específicas de lujo.

### 3.2 Dimensiones de la personalidad de la marca

Uno de los teóricos que mayormente profundiza en el desarrollo de las dimensiones de la personalidad de marca es Aaker [26], quien se basa además en la investigación sobre la personalidad humana y el modelo de los cinco grandes [34].

El marco propuesto se utiliza para analizar la personalidad de la marca como parte de la imagen de marca y como una herramienta para el posicionamiento [19, 26, 2, 32]. Algunos investigadores han criticado el trabajo de Aaker por incluir elementos más allá de los rasgos de personalidad, como características físicas (buena apariencia), características de clase social (clase alta), género (masculino, femenino), edad (joven), estilos de vida (ciudad pequeña, occidental) y habilidades (competente) [19, 23, 31].

Con base en investigaciones posteriores, surgen categorías adicionales: la *calidez* y la *competencia* se identifican como los dos grandes criterios de evaluación para las marcas [26]. La literatura psicológica postula que los humanos utilizan estas dos dimensiones fundamentales para evaluar rápidamente a otras personas y guiar sus interacciones con ellas. Algunos autores [18] definen la *calidez* como las intenciones percibidas de una persona y la *competencia* como la capacidad de llevar a cabo estas intenciones.

Estos dos grandes criterios de evaluación se refieren a las características simbólicas esenciales de las marcas de lujo: autenticidad (calidez) y prestigio (competencia), punto en el cual convergen la identidad y la personalidad de la marca para crear la antropomorfización, que luego será utilizada para darle contenido al auto-concepto por parte de los consumidores y adquirir la personalidad a la cual se aspira.

Si bien la autenticidad puede asociarse con rasgos como *educado* y *solidario*, el prestigio puede relacionarse con *seguro*, *sofisticado*, *capaz* y *eficiente* [7]. Sin embargo, los rasgos que comparten la mayoría de las marcas de lujo, incluidos los identificados en la escala de Aaker, como glamoroso y sofisticado, no son muy útiles para la diferenciación de la marca.

### 3.3 Dimensiones de la personalidad de la marca de lujo

Según un estudio realizado [36], se encuentra que hay cinco dimensiones de la personalidad de la marca de lujo: *tradición*, *modestia*, *elitismo*, *excentricidad* y *sensualidad*. Dichas dimensiones reflejan las perspectivas de una personalidad de marca asociadas con los siguientes temas clave en el lujo: tradición y cultura; riqueza y posesiones; poder y distinción respecto a las otras personas; conformidad o disconformidad con las normas de la sociedad y los grupos de referencia; y templanza y hedonismo.

Para analizar las dimensiones antedichas, los autores [36] explican que la antropomorfización bascula entre dos polos, los cuales son captados por las marcas con miras a definir y expresar su concepción de la realidad y el mundo. Es de considerar que en este sentido las marcas de lujo tienden a desplazarse sobre estos polos, buscando ubicarse en los extremos (y no en el medio) con la intención de construir su diferenciación. Estas dimensiones y sus polos se ilustran en la Figura 1 y se explican en detalle a continuación.

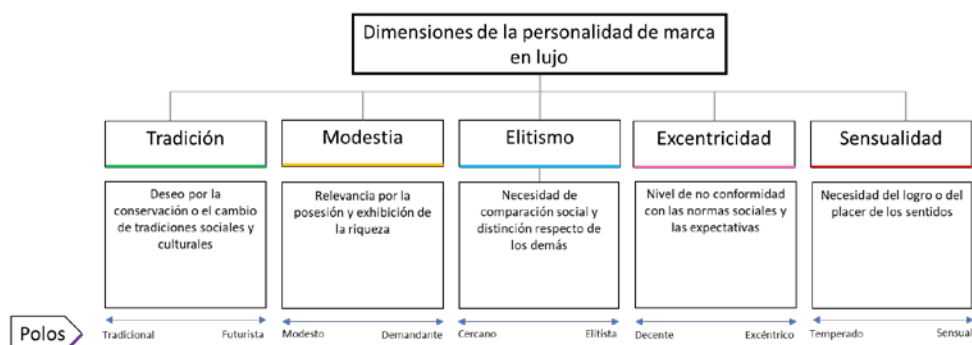


Figura 1. Dimensiones de la personalidad de la marca de lujo [36]

#### 3.3.1 Tradición

Esta dimensión refleja la perspectiva de la personalidad de una marca sobre los cambios de tradición y cultura en la sociedad: ¿La marca prefiere preservar las tradiciones, el patrimonio y la cultura establecidos anteriormente? o ¿está más bien abierta a cambios progresivos, reinventando la sociedad? Los rasgos *tradicionales* incluyen conservador, estable, obediente, responsable, confiable, moral, virtuoso y orientado a la seguridad. La tendencia *futurista* está relacionada con rasgos como liberal, abierto, tolerante, experimental, progresista e individualista.

Varios autores [37] describen lo tradicional frente a lo futurista como una dimensión importante para el posicionamiento de las marcas de lujo. Los dos polos de esta dimensión no deben confundirse con el resultado de mecanismos psicológicos más profundos, como estilos de vida, gustos o, más específicamente, preferencias de diseño tradicionales/clásicas frente a contemporáneas/posmodernas.

Estos términos se utilizan para esta dimensión porque están bien establecidos en la literatura de lujo, derivados de la larga discusión sobre si la tradición es esencial para las marcas de lujo [36]. Sin embargo, aunque la tradición es típica de muchas marcas de lujo como Hermès y Rolls-Royce, todavía no es una característica esencial, como lo demuestra el éxito de marcas contemporáneas como Alexander McQueen, Tom Ford o Richard Mille. Algunas marcas representan con orgullo el año de fundación en su logotipo, mientras que otras marcas como Hugo Boss ni siquiera proporcionan una sección sobre su historia en su sitio web.

Al principio, algunas empresas pueden tener dificultades para decidir si la personalidad de su marca es tradicional o futurista, a menudo debido al hecho de que piensan en el diseño de su producto en lugar de

los rasgos de personalidad subyacentes. Para facilitar esta decisión, ayuda a priorizar de qué se trata realmente la personalidad de la marca: preservar tradiciones antiguas o reinventar la sociedad.

### 3.3.2 Modestia

El deseo de acumulación y exhibición de riqueza es un problema importante en el segmento de lujo: ¿La marca prefiere un estilo de vida bastante modesto? o ¿representa una personalidad que desea ser rica y poseer o coleccionar objetos hermosos y valiosos? El polo modesto-demandante está relacionado con el *discernimiento y la extravagancia* y corresponde al rasgo de personalidad humana del materialismo (el deseo de acumular posesiones) y la categoría de valor riqueza [37].

Las posesiones se pueden acumular para mostrar la riqueza de uno a través del ocio o el consumo conspicuo [38] o para dejar algo a la posteridad. Los símbolos de notoriedad incluyen logotipos ostentosos y materiales valiosos como el oro y los diamantes, donde Louis Vuitton parece ser la encarnación de una marca demandante en este sentido. A pesar de algunas formas más sutiles, la notoriedad se refiere típicamente al estilo de vida lujoso y glamoroso de los *ricos y famosos* representado en los medios y las redes sociales.

El polo modesto está relacionado con ser humilde, moderado, con los pies en la tierra y también idealista, espiritual, intelectual y filosófico. Esto es consistente con una forma de vida bastante simple o incluso ascética y con el consumo frugal en lugar de visible. Con una mentalidad post-materialista, las personas pueden sentir un deseo de crecimiento personal y de auto-trascendencia y pasión por propósitos más altos en la vida. Los ejemplos típicos de lujo discreto incluyen Bottega Veneta y Loro Piana, y otras formas de lo que recientemente se denomina *quiet luxury*, que van desde instituciones exclusivas para miembros, hasta la estética sutil de la cultura zen japonesa o el *japandi*.

### 3.3.3 Elitismo

El elitismo se refiere a los aspectos interpersonales que tratan con el papel de otras personas y la necesidad de comparación y distinción social: ¿Es la marca generalmente accesible y sociable? o ¿se está diferenciando de las demás, permaneciendo dentro de sus círculos exclusivos? Con una disposición elitista, la personalidad de la marca busca estatus y exclusividad y es bastante inaccesible para que no todos formen parte del grupo objetivo, lo que se relaciona con ser reservado, distante, formal, refinado, elegante, compuesto, competitivo y autoritario. Un ejemplo de la personalidad de lujo en el polo modesto se ve reflejado en la serie de HBO *Sucesion*<sup>6</sup>, donde los protagonistas encarnan una clase dominante, pero se expresan a través de marcas modestas.

El polo accesible, por otro lado, está relacionado con la cordialidad, la alegría genuina, la responsabilidad, el igualitarismo y también con rasgos como amistoso, comprensivo, alegre, cordial, considerado, confiado, generoso, sin pretensiones y extrovertido [18].

En el contexto del mercadeo se ha planteado la dimensión elitista vs. accesible en la segmentación de los consumidores internacionales de lujo [39]. Mientras que los elitistas creen que el lujo solo debería estar disponible para los *pocos felices*, los defensores del lujo democrático (accesible) no ven ninguna razón por la que no deba estar al alcance para los *muchos felices*, lo que correspondería a la noción que se acuña en el mercadeo, denominada *masstige*, [40] equivalente a la masificación del prestigio. Las marcas consideradas elitistas incluyen Gucci y Rolex, mientras que las accesibles son Dedon y Ermenegildo Zegna.

### 3.3.4 Excentricidad

Esta dimensión se refiere al nivel de inconformidad de una persona con las normas y expectativas de la sociedad y dentro de sus grupos de referencia: ¿La personalidad de la marca prefiere ajustarse a los estándares sociales prevalecientes? o ¿está lista para romper las reglas? Las personalidades decentes (o que

<sup>6</sup> *Sucesion* fue una serie de televisión emitida por la cadena HBO Network entre junio 3 de 2018 y mayo 28 de 2023



siguen las normas) prefieren respetar la jerarquía, ser educadas y comportarse bien para *encajar* y ser queridas y aceptadas. En contraste, las personalidades no conformistas prefieren *destacar*, ser creativas, imaginativas. El polo decente está relacionado con rasgos como discreto, serio, respetuoso, digno, prudente y cauteloso, mientras el polo excéntrico está relacionado con lo no convencional o incluso con ser un poco salvaje, loco, provocativo, rebelde y desobediente.

Una idea central del lujo ha sido el uso auto-determinado del tiempo y la libertad de deberes y limitaciones, que se extiende a la no conformidad con las expectativas sociales [38]. Como lo demuestran Coco Chanel, Christian Dior e Yves Saint Laurent, quienes rompieron las reglas de su tiempo, algunos escándalos *impactantes* o la libertad de *hacer lo que quieras* están grabados en la naturaleza de las marcas de lujo. Sin embargo, esta libertad puede ser algo limitada, como sugiere el eslogan de Audemars Piguet: *Para romper las reglas, primero debes dominarlas*.

En su estudio sobre el posicionamiento de marcas de lujo [36] identificaron casos donde está presente este polo. Mientras que Hugo Boss parece ser el ejemplo prototípico de una marca que permite a los consumidores encajar con lo establecido (decente), las marcas representativas del polo excéntrico incluyen Cavalli y Moschino.

### 3.3.5 Sensualidad

Esta dimensión se refiere a los aspectos relacionados con los propósitos de vida de la personalidad de la marca y, en particular, al nivel de fuerza para lograr objetivos ambiciosos y autocontrol de la gratificación inmediata frente a la sensualidad y la auto-indulgencia: ¿Es la personalidad de la marca de mente dura y auto-disciplinada con una fuerte voluntad de lograr su misión de vida? o ¿está buscando el disfrute de la vida y el placer de los sentidos?

El polo temperado está relacionado con rasgos como decidido, ambicioso, persistente, de mente fuerte, valiente, vigoroso, activo, dinámico y enérgico. Por otro lado, el polo sensual está relacionado con la búsqueda del amor, la belleza y el disfrute y una vida feliz y cómoda, que se conecta con rasgos como hedonista, alegre, emocional, de mente tierna, soñadora, sensual y romántica.

Esta extrapolación se asocia igualmente a un tema de sexo o género, que describe los valores masculinos asociados con ser aventurero, agresivo, valiente, competitivo, atrevido y de mente dura, mientras que los valores femeninos incluyen ser emocional, sensible, elegante, imaginativo y tierno [36]. Hugo Boss es considerado como una típica marca de mente dura y Jean Paul Gaultier como una marca sensual típica.

## 4. CRÍTICA SOBRE LA ANTROPOMORFIZACIÓN EN LAS MARCAS DE LUJO Y SU CONSUMO: CÓMO SE LE VENDE LA IDENTIDAD Y LA PERSONALIDAD AL CONSUMIDOR

Una vez descritas las principales características simbólicas de la identidad en las marcas de lujo y las dimensiones de personalidad de las mismas, cabe aclarar que la antropomorfización de la marca emerge con la decisión estratégica por parte de las empresas de posicionarse en algunos de estos aspectos y renunciar a otros. Es decir, la imagen encarnada y humana de una marca de lujo tiene que expresar si su orientación es más hacia el *prestigio* o la *autenticidad* y si, además elige su actitud dentro de cada uno de los cinco polos mencionados. Esta compleja caracterización es la que dota vitalmente a la marca de lujo, de un rostro, un cuerpo, unos movimientos, un lenguaje y un imaginario listo para la venta.

*En la sociedad de consumidores nadie puede convertirse en sujeto sin antes convertirse en producto, y nadie puede preservar su carácter de sujeto si no se ocupa de resucitar, revivir y realimentar a perpetuidad en sí mismo las cualidades y habilidades que se exigen en todo producto de consumo [41].*

A partir de la anterior premisa, puede concluirse, preliminarmente, que muchas decisiones de consumo en la actualidad se basan en la idea de adquirir una personalidad que viene del exterior, edificada en torno a un modelo antropomorfo que refleja características de una identidad aspiracional. En otros términos, las personas están avocadas a comprar productos y experiencias de lujo que les permitan encajar dentro de una clase social que se comporta de una manera acorde con la personalidad antropomorfa de la marca.

Lo anterior implica que, en algunas circunstancias, para mantener la *vida de consumo* construida en torno a la antropomorfización de la marca de lujo, el consumidor termine hipotecando su libertad, su cuerpo, su integridad, sus relaciones sociales y su interacción con el entorno en aras de poseer, aunque sea transitoriamente, el objeto de lujo, pues en una *vida líquida* bno alcanza a conseguirse la felicidad plena a través del producto o experiencia de lujo. Esto hace que se busque cada vez más una nueva experiencia que venga a reemplazar la anterior para satisfacer el deseo de encajar, desde la posesión de una nueva antropomorfización de la realidad.

Como en una especie de rememoración del mito de Sísifo, la marca que antropomorfiza sus productos o experiencias ofrece al consumidor una piedra pesada que debe arrastrar hasta el infinito para lograr la tan anhelada felicidad que se encuentra al final, y que reemplaza cada vez por una nueva idea de consumo para reafirmar su personalidad, reflejando la frustración del consumidor y lo absurdo de esta lucha por alcanzar el estatus cada vez más inasible.

En un mundo en el que las cifras del lujo alcanzarán entre 360.000 y 380.000 millones de euros en 2023 [42] la vigencia e importancia de este sector en la economía no se cuestiona. Sin embargo, a pesar de la idea de lograr estatus a través del lujo, sigue siendo muy limitada la capacidad de acceder a los bienes de este mercado, como lo evidencia la participación de los individuos en la pirámide de la distribución de la riqueza en la Figura 2.

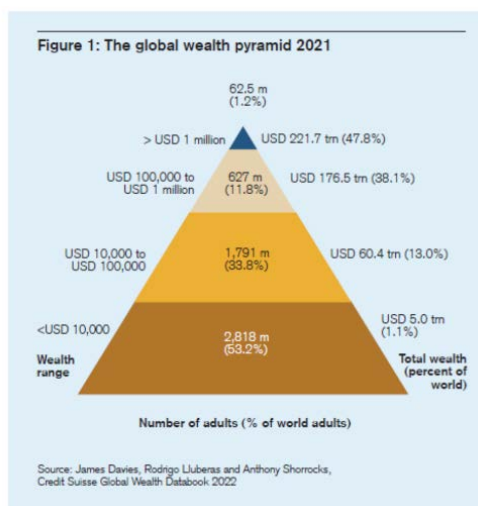


Figura 2. Distribution of wealth across individuals [43]

A pesar de las cifras una evidente contradicción que refleja el poder de la antropomorfización del lujo se encuentra en la aspiración de emular personajes que están por fuera de la órbita de posibilidades económicas de consumo, como en el caso de *los dandis del Congo* [44] quienes consideran que, al adquirir trajes de alto costo de marcas como GUCCI, se transforman en *distinguidos caballeros europeos de la época colonial*, no obstante carecer de lo suficiente para atender a sus necesidades básicas cotidianas [44].

Esta paradoja es muy llamativa en países como la República Democrática del Congo y la República del Congo que se ubican en la base de la pirámide con ingresos *per cápita* de 570 dólares y 2.290 dólares respectivamente [45] y donde en promedio uno de los atuendos que visten oscila entre 4 y 6 mil dólares. Paradoja que podría explicarse en la compra de una personalidad elegante, refinada, exclusiva, dominante y orgullosa, que le otorga dignidad, autoestima y estatus a quien la posee, *estuve ahorrando dos años para poder comprarlos. En circunstancias normales, si no me los hubiera comprado, hubiera comprado una parcela de tierra* [45], dice un *sapeur*<sup>7</sup> refiriéndose a unos zapatos marca J.M. Weston, cuyo precio oscila entre 900 dólares y 1.000 dólares.

A partir de las anteriores premisas y datos, un análisis crítico de las dimensiones de la personalidad de marca de lujo permite entender la fuerza que tiene en el mercado la antropomorfización como una

<sup>7</sup> Integrante del movimiento social *La Sape* (Sociedad de creadores de ambientes y personas elegantes)

herramienta capitalista que fortalece el poder de las empresas, permitiéndoles alcanzar resultados astronómicos en términos de ventas y reputación. Por ende, les va asegurando una dominación del individuo quien, frente a la ausencia del bien o el servicio de lujo, se siente privado de su identidad, en una especie de síndrome de abstinencia que le implica una constante búsqueda para reafirmarse como ser humano y ser aceptado por su grupo de consumo.

Entre otras, si se analiza a la luz de la dimensión del *elitismo* y sus polos elitista-accesible, la antropomorfización se constituye en una fuente creadora de distinción y dominación social, que está relacionada con el estatus, donde el consumidor adquiere una personalidad que le permite imponerse sobre los demás a partir del lujo. Esto puede sustentarse en que efectivamente el lujo, a través de la personalidad y la identidad, permite el refuerzo de la estructura social y sus juegos de poder:

*Desde lo alto de las clases sociales se establece el circuito de signos que harán el proceso de selección y ascenso de los nuevos elegidos sociales. El material distintivo serán los objetos y servicios que consumen. En la cima se determina lo que servirá de salvoconducto para el ascenso social. El consumidor se ve a sí mismo como libre, autónomo en sus decisiones, y no se da cuenta que está sujeto a unos códigos de prestigios. La lógica de la satisfacción queda anulada frente a la lógica de la diferenciación [46].*

Ahora bien, históricamente las élites han sido las garantes de la tradición (conservadores) y también han participado de los sectores sociales capaces de cambiar el mundo bajo una mirada futurista (tecnócratas). El polo tradicional-futurista, en la medida que se antropomorfiza en un personaje aspiracional por medio de las marcas de lujo, se presenta como un retador ante el consumidor, a quien le urge portar y consumir lujo con tal de saber y demostrar si es un ente reflejado en las tradiciones del pasado o, por el contrario, aboga por la innovación y el progresismo.

El consumidor de ingresos bajos o medios, por un lado, se esfuerza en comprar marcas que le otorguen un halo de los signos del poder de antaño (old money)<sup>8</sup>, mientras, en el segundo caso (el futurista), se le insta para que adquiera los objetos de última colección o cuyos signos evocan una personalidad fresca, innovadora, veloz y revolucionaria. En resumen, ya se trate de uno u otro extremo, la idea es poder acercarse al ideal de consumo que antropomorfiza la marca para no quedar excluido o, peor aún, carecer de identidad y caer en medio de los dos extremos.

*Los consumidores fallidos, esas personas que no disponen de recursos suficientes para responder adecuadamente al saludo o, para ser más exactos, a los guiños seductores de los mercados, es la gente que la sociedad de consumidores no necesita. La sociedad de consumidores estaría mejor si no existiesen. En una sociedad que mide su éxito o su fracaso de acuerdo con el índice del producto interno bruto (o sea, la suma total de dinero que cambia de mano en transacciones de compraventa) esos consumidores inválidos y defectuosos siempre son anotados en la lista de los pasivos [41].*

El miedo de caer en la categoría de *consumidor fallido* está presente en todos los polos, pero particularmente en el de modesto-demandante, donde no poder exhibir la riqueza asociada con el lujo se convierte en una minusvalía frente a sus pares. Una de las formas de antropomorfizar las marcas de lujo es mostrarlas como una aspiración voluntaria de vida simple (*downshifter*)<sup>9</sup>, donde se renuncia a una existencia agitada y de gasto permanente, para darse el lujo de una vida apacible que, sin embargo, tampoco es barata pues incluye la adquisición de bienes básicos revestidos de atributos de mercadeo, en los que se privilegia lo artesanal, lo orgánico y lo sostenible, que corresponden a lo que teóricamente se denominaría *lujo ético*.

En el otro extremo de este polo, aparece el consumidor demandante quien, al no poder acceder a las versiones más caras del lujo para lucir la posesión y la riqueza, se debe conformar con versiones masivas (*masstige*) o colecciones de anteriores temporadas, adquiriendo mayor volumen de las mismas para impregnar su personalidad de abundancia frente a los demás, y aunque sea con un producto de menos estatus, manifestar su relevancia.

---

<sup>8</sup> Se refiere a la estética que emanan las personas que han heredado su riqueza por múltiples generaciones y que ostentan códigos simbólicos de la burguesía tradicional (carros antiguos, palacios, arte clásico).

<sup>9</sup> Movimiento social en el cual se adopta una forma de vida más simple que renuncia al consumo excesivo de bienes y servicios.

*El fin último del consumo de objetos es conjurar; es decir, transformar el orden reinante a favor de las expectativas humanas a través de las fuerzas que se condensan en el objeto. Este maná o esta sustancia mágica esparcida por doquier hace olvidar que son ante todo signos, un código generalizado de signos, un código totalmente arbitrario (facticio, fetiche) de diferencias, y que, de ahí, y en modo alguno de su valor de uso, ni de sus virtudes infusas, procede la fascinación que ejercen [47].*

Cuando se trata de un consumidor que se enfrenta al polo de temperado-sensualidad, que ofrecen las personalidades de lujo creadas por las marcas, este llega a adoptar rasgos extremadamente recatados o abiertamente hedonistas, para obtener placer y satisfacción en la compra y alcanzar la felicidad representada en la promesa antropomórfica de la identidad de la marca. Es decir, ambas realidades al no poder ser satisfechas plenamente por no alcanzar los ideales implícitos en la marca generan frustración y el deseo de superarla comprando más. Tanto la personalidad temperada como la hedonista responden a criterios de dispositivos de poder construidos desde las marcas para lograr, a través de lo antropomórfico, una dominación social creciente.

*La capacidad de soñar despiertos, la capacidad de disfrutar con la imaginación de aquello que todavía no se ha consumido, está en la raíz de la disposición indefinida al consumo. La convicción esperanzada de que en nuestra vida lo bueno está todavía por venir, de que lo mejor está en un futuro desconocido, de que todavía no hemos escrito la gran obra de nuestra vida, se materializa en objetos en los que esperamos encontrar algo de lo que nos falta [48].*

Justamente, a partir de esta conceptualización de *objetos sus experiencias y placeres* en los que esperamos encontrar algo, las marcas de lujo diseñan identidades y personalidades antropomórficas mediante las cuales se crea el ideal de consumo al cual debe aspirarse.

*También hay que ser sensible al componente hedonista de la ostentación. La ostentación engendra el placer de ser diferente y, dentro de esta diferencia, el de la distinción, que hace que uno tenga mejor gusto, más originalidad, más medios y más información que los demás. Todos hemos visto la fatuidad de quienes presumen de conocer los mejores lugares y los mejores productos, los signos y las marcas que hay que tener para «ser alguien». Es un placer algo turbio, pues reúne a la vez vanidad, sensación de superioridad y una cierta crueldad respecto a los que no tienen la misma distinción, ni el mismo engrandecimiento [49].*

En resumen, la sensualidad como ostentación, además de crear un mito en torno a que la felicidad se alcanza, a partir de una personalidad hedonista, crea la ilusión de ser contestatario, disruptivo, diferente, renegado, tratando de emular un referente estereotípico, lo que conlleva a que el sujeto siga estando sujeto a la masa, con sus similitudes y sus juegos de dominación:

*La ostentación permite diferenciarse o creer que uno puede hacerlo, lo cual viene a ser lo mismo— en un mundo en el que la «multitud solitaria» descrita por David Riesman en la década de 1950 es más que nunca una multitud, pero compuesta ahora por individuos que reivindican cada uno su singularidad más que, como antaño, su conformismo. Mientras que antes se trataba de mantenerse al mismo nivel que los vecinos Martínez (keeping up with the Joneses) y no llamar la atención, ahora se trata de estar por encima de ellos: de tener una casa más grande con más cuartos de baño y más garajes, unos coches más potentes, unas vacaciones más exóticas, más ropa de marca (...) La industria del lujo permite así a millones de personas en el mundo creerse diferentes de los demás y por lo tanto únicas [49].*

Finalmente, en relación con el polo decente-excéntrico la idea de no conformarse con las normas sociales y las expectativas refleja el consumo de marcas de lujo con personalidades e identidades conformistas y altisonantes. El *prestigio y la autenticidad* se abren paso cuando el consumidor se demuestra a sí mismo que tiene control sobre el sistema, pero también cuando se rebela ante lo normativo. Esto último toma fuerza con la posibilidad de *ultra-personalización* que cada vez más ofrecen las marcas de lujo, pues a partir de la construcción de características únicas de cada consumidor, las empresas del sector tienen un mercado cada vez más amplio donde se potenciará el consumo exponencialmente. Como se menciona en [42]: *El lujo está entrando en la era del 'literalmente yo', marcada por el deseo de mostrarnos más allá de los artículos puramente aspiracionales, valorando la singularidad por encima del estatus.*

Una vez el consumidor ha adoptado el papel o la personalidad de alguno de los extremos de este polo, cree poseer un dominio sobre los demás y sobre sí mismo, pero no se percata de la dominación que se ejerce sobre él desde los símbolos, signos e imágenes construidos antropomórficamente a partir de las marcas.

En síntesis, el análisis de estas dimensiones y sus polos, evidencia que la antropomorfización de la marca resulta una herramienta de un poder enorme para la creación de identidades y personalidad que desde las empresas se utiliza como mecanismos de venta y posicionamiento.

## 5. CONCLUSIONES

Cuando se trata de marcas de lujo, la utilización de este tipo de estrategia de antropomorfización es aún más evidente al crear y reforzar la condición de estatus y aspiración que concita un deseo de poseer y ostentar lo poseído como una forma de distinción, reconocimiento y aceptación social. Sea que se trate de una dimensión basada en la tradición, la modestia, el elitismo, la excentricidad o la sensualidad, y los polos extremos entre los que bascula cada una de estas categorías, el consumo del lujo se va convirtiendo en un mecanismo mediante el cual un consumidor define la manera de crear o de comprar su personalidad para ser aceptado por sus pares en sus grupos de consumo.

Además de las grandes afectaciones que puede generar desde el desarrollo sostenible, desde la producción y comercialización de bienes y servicios de lujo y sus impactos en lo ambiental, lo social y lo económico, es claro que un tema ético orbita en la utilización de mecanismos de antropomorfización de las marcas.

Al crear dimensiones de estatus inalcanzables, encarnadas en personalidades varias a las cuales llegar, el consumidor se ve enfrentando a la necesidad de querer comprar cada vez más para alcanzar realización y felicidad, dando paso a prácticas que, incluso, pueden limitar su autonomía, su libertad, su autocuidado y el cuidado de los demás, para acceder al producto que satisface su afán de emulación, sin importar los límites éticos de consumo ni los de las marcas al comercializarlos.

En otras palabras, por la imagen, por la personalidad, por la identidad, por el ultra individualismo, la antropomorfización de las marcas de lujo ratifica que la estética triunfa sobre la ética.

Finalmente, esta reflexión sobre el poder de la antropomorfización sugiere varios interrogantes a futuro, el principal de ellos, saber en qué medida las inteligencias artificiales están creando personalidades a emular, que pueden acelerar un proceso de deshumanización a través de la creación de productos, experiencias digitales hiper-personalizadas o entendiendo los sentimientos de los consumidores. Una vez la inteligencia artificial alcance la singularidad tecnológica, y cree sus personalidades desligadas de referentes humanos, se abrirá la puerta a explorar otros paradigmas desconocidos para nuestra especie, y tal vez la concepción que tenemos del consumo, la vida

## REFERENCIAS

- [1] Belk R. (1988). Possessions and the extended self. *Journal of Consumer Research* 15(2),139-168.
- [2] Plummer J. (2000). How personality makes a difference. *Journal of Advertising Research* 40(6).
- [3] Puzakova M. et al. (2013). When humanizing brands goes wrong: The detrimental effect of brand anthropomorphization amid product wrongdoings. *Journal of Mercadeo* 77(3), 81-100.
- [4] Gálvez S. et al. (2021). Marcas humanas. Una mirada desde el consumidor. *Omega*.
- [5] Aaker J. (1997). Dimensions of brand personality. *Journal of Mercadeo Research* 34(3), 347-356.
- [6] Azar S. (2015). Toward an understanding of brand sexual associations. *Journal of Product & Brand Management* 24(1), 43-56.
- [7] Fournier S. (1998). Consumers and their brands: Developing relationship theory in consumer research. *The Journal of Consumer Research* 24(4), 343-373.
- [8] MacInnis D. y Folkes V. (2017). Humanizing brands: When brands seem to be like me, part of me, and in a Relationship with me. *Journal of Consumer Psychology* 27(3), 355-374.
- [9] Dávalos M. y Gogny M. (2019). El antropomorfismo de marca como recurso para la generación de una lovemark: Caso sapolio a través de su fan page en Facebook. *Alfa*.
- [10] Rauschnabel P. y Ahuvia A. (2014). You're so lovable: Anthropomorphism and brand love. *Journal of Brand Management* 21, 372-395.
- [11] Puzakova M. et al. (2013). When humanizing brands goes wrong: The detrimental Effect of brand anthropomorphization amid product wrongdoings. *Journal of Mercadeo* 77(3), 81-100.
- [12] Kapferer J. (2012). *The new strategic brand management*. Kogan Page.
- [13] Fournier S. y Álvarez C. (2012). Brands as relationship partners: Warmth, competence, and in-between. *Revista de Psicología del Consumidor* 22(2), 177-185.
- [14] Heine K. y Phan M. (2010). Trading-up mass-market goods to luxury products. *Australasian Mercadeo Journal* 19(2),108-114.
- [15] Heine K. y Petersen F. (2015). Mercadeo lessons luxury wine brands teach us about authenticity and prestige. *The European Business Review* 38-43.
- [16] Kapferer J. y Bastien V. (2009). The specificity of luxury management: Turning marketing upside down. *Journal of Brand Management* 16(3), 311-322.
- [17] Napoli J. et al. (2014). Measuring Consumer-based brand authenticity. *Journal of Business Rese.* 67(6), 1090-1098.
- [18] Kervyn N. et al. (2012). Brands as intentional agents framework: How perceived intentions and ability can map brand perception. *Revista de Psicología del Consumidor* 22(2), 166-176.
- [19] Sung Y. et al. (2015). Dimensions of luxury brand personality: Scale development and validation. *Psychology and Mercadeo* 32(1), 121-132.
- [20] Kapferer J. (2012). *La nueva gestión estratégica de la marca*. Kogan Page.
- [21] Beverland M. et al. (2008). Projecting authenticity through advertising. *Journal of Advertising* 37(1), 5-15.
- [22] Avis M. et al. (2014). The brand personality of rocks: A critical evaluation of a brand personality scales. *Teoría del Mercadeo* 14(4), 1-25.
- [23] Epley N. et al. (2007). On seeing human: A three-factor theory of anthropomorphism. *Psychological Review* 114(4), 864-886.
- [24] Puzakova M. et al. (2009). Pushing the envelope of brand and personality: Antecedents and moderators of anthropomorphized brands. *Advances in Consumer Research* 36, 413-420.
- [25] Sweeney J. y Brandon C. (2006). Brand personality: Exploring the potential to move from factor analytical to circumplex models. *Psychology & Mercadeo* 23(8), 639-663.
- [26] Álvarez C. y Fournier S. (2016). Consumers' relationships with brands. *Current Opinion in Psychology* 10, 129-135.
- [27] Guido G. y Peluso A. (2015). Brand anthropomorphism: Conceptualization, measurement, and impact on brand personality and loyalty. *Journal of Brand Management* 22(1), 1-19.
- [28] Sprott D. y Liu R. (2016). Research trends on branding in consumer psychology. *Current Opinion in Psychology* 124-128.
- [29] Azoulay A. y Kapferer J. (2003). Do brand personality scales really measure brand personality? *Journal of Brand Management* 11(2), 143-155.
- [30] Sung Y. et al. (2015). Dimensiones de la personalidad de la marca de lujo: Desarrollo y validación de escalas. *Psicología y Mercadeo* 32(1), 121-132.
- [31] Caprara G. et al. (2001). Brand Personality: How to make the metaphor fit. *Journal of Economic Psychology* 22, 377-395.
- [32] Wee T. (2004). Extending human personality to brands: The stability factor. *Brand Management* 11(4), 317-330.
- [33] Cattell H. y Mead A. (2008). The sixteen personality factor questionnaire (16PF). En Boyle G. et al (eds.), *The Sage Handbook of Personality Theory and Assessment*, Vol. 2. Sage.
- [34] Romaniuk J. (2008). Comparing methods of measuring brand personality traits. *Journal of marketing Theory and Practice* 16, 153-161.

- [35] Goldberg L. (1990). An alternative "description of personality": The big-five structure. *Journal of Personality and Social Psychology* 59, 1216-1229.
- [36] Heine K. et al. (2018). Personality-driven luxury brand management. *J. Brand. Manag.* 25, 474-487.
- [37] Schwartz S. (2006). Value orientations: Measurement, antecedents and consequences across nations. En Jowell R. et al. (eds.), *Measuring Attitudes cross-nationally – Lessons from the European Social Survey*. Sage.
- [38] Veblen T. (1899). *La teoría de la clase de ocio*. MacMillan.
- [39] Dubois B. et al. (2001). Consumer rapport to luxury: Analyzing complex and ambivalent attitudes. *Les Cahiers de Recherche* 33(1), 1-56.
- [40] Purohit S. y Radia K. (2022). Conceptualizing masstige buying behavior: A mixed-method approach. *Journal of Business Research* 142, 886-898.
- [41] Bauman Z. (2007). *Vida de consumo*. Fondo de Cultura Económico.
- [42] Bain&Co. (2023). El mercado mundial de artículos de lujo se acelera, tras el récord de 2022, y se prepara para seguir creciendo, pese a la desaceleración por las señales de alerta económica. Recuperado: <https://www.bain.com/es/about/media-center/press-releases/south-america/2023/el-mercado-mundial-de-articulos-de-lujo-se-acelera-tras-el-record-de-2022-y-se-prepara-para-seguir-creciendo-pese-a-la-desaceleracion--por-las-senales-de-alerta-economica/>
- [43] Credit Suisse Research Institute. (2023). *Global wealth report 2022*.
- [44] Russia Today. (2015). Los dandis del Congo. Recuperado: <https://actualidad.rt.com/programas/especial/192530-dandis-congo-brazzaville>
- [45] The World Bank. (2021). *Understanding Poverty*. Recuperado: <https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>
- [46] Otálora L. (2011). *La publicidad en el banquillo*. Ecología, Consumo y Subjetividad. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- [47] Baudrillard J. (2002). *La ilusión vital*. Siglo XXI.
- [48] Cortina A. (2010). *Por una ética del consumo*. Taurus.
- [49] Michaud Y. (2015). *El nuevo lujo: Experiencias, arrogancia, autenticidad*. Taurus.

# La gestión de proyectos en investigación: Una revisión de la literatura<sup>1</sup>

Juan Carlos González Pérez<sup>2</sup>  
*Universidad de Antioquia, Colombia*

El trabajo por proyectos es una de las principales estrategias para la ejecución de actividades de diversa índole y, para lograr una administración adecuada de los recursos y un logro efectivo de los resultados, se han desarrollado diferentes propuestas de metodologías de gestión. Paralelamente, en las instituciones de educación superior se desarrollan proyectos de investigación que buscan encontrar respuestas a preguntas científicas y desarrollar nuevo conocimiento, pero en estos entornos no es común la adopción de metodologías estandarizadas para su desarrollo. ¿Existen metodologías aplicables a los proyectos de investigación científica? ¿Qué características poseen los proyectos de investigación científica que los hagan diferentes a los demás tipos de proyectos? En este estudio, y a través de una revisión de la literatura, se busca clarificar la disponibilidad de metodologías adecuadas para guiar proyectos de investigación científica. Al mismo tiempo, se pretenden identificar las características intrínsecas que singularizan estos proyectos, en comparación con otros. ¿Qué aspectos únicos definen a los proyectos de investigación científica? En la actualidad, el enfoque de trabajo por proyectos se ha consolidado como una estrategia fundamental para la ejecución de emprendimientos, tanto en entornos organizativos como externos. El objetivo es destacar las recomendaciones y directrices sugeridas por los especialistas en este campo, que podrían ofrecerse como pautas para aplicar en el entorno de proyectos de investigación científica, enriqueciendo así su desarrollo y contribuyendo a una gestión más eficaz. La convergencia entre el enfoque de trabajo por proyectos y la utilización de metodologías de gestión ha transformado la ejecución de este tipo de iniciativas, mientras que, en el ámbito de la educación superior, los proyectos de investigación científica continúan evolucionando. En esta investigación se pretende desentrañar la existencia de metodologías adaptadas para estos proyectos e iluminar las particularidades que los distinguen, aportando a la comprensión profunda y a la optimización de su desarrollo.

---

<sup>1</sup> Este capítulo hace parte del trabajo de grado para optar por el título de Magíster en profundización de Gerencia de Proyectos en la Universidad de Antioquia titulado: *Hacia la construcción de una estrategia de gestión de proyectos en investigación científica. Estudio de caso en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia* [15].

<sup>2</sup> Ingeniero de Sistemas y Especialista en telemática. Contacto: [jcarlos.gonzalez@udea.edu.co](mailto:jcarlos.gonzalez@udea.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión de proyectos es una disciplina en evolución que ha apoyado los esfuerzos gerenciales por mejorar el control sobre sus organizaciones, los equipos y sus trabajadores [1]. Su desarrollo como disciplina comenzó alrededor del siglo XIX y tomó fuerza en los Estados Unidos después de la Segunda Guerra Mundial, a raíz del auge de la industria aeroespacial, militar e informática que requería alcanzar objetivos de calidad en el corto plazo, tal como lo describe Morris [2]. A pesar de ese desarrollo, la gestión de proyectos aún no se considera una ciencia unificada y sus modelos más representativos surgen de la recopilación de mejores prácticas tomadas de experiencias exitosas en proyectos industriales, principalmente del entorno norteamericano [3].

Autores como Pinto y Winch [4] cuestionan las metodologías que priman actualmente en el contexto global, debido a que se centran, principalmente, en la aplicación de herramientas y técnicas, dejando de lado temas importantes como las características del negocio, el entorno cultural y los equipos de trabajo, variables importantes a la hora de proyectar una organización. Según Kuchta y Skowron [5], es necesario realizar un análisis del entorno en el cual se desarrolla cada proyecto para identificar sus peculiaridades y con ello establecer cuál de las metodologías de gestión de proyectos existentes es la más adecuada.

Según lo expuesto por la literatura analizada, dentro de los Proyectos de Investigación Científica PIC, que se llevan a cabo en los centros de investigación, no es común encontrar la implementación de metodologías de gestión de proyectos. Adicionalmente, en la Universidad de Antioquia, específicamente en la Facultad de Ingeniería, no se encuentra registro de una cultura para el desarrollo de los proyectos bajo estrategias de gestión estandarizada. Normalmente, se desarrollan bajo metodologías empíricas que pueden tener algunas limitaciones y no identifican ni controlan varios de los riesgos a los que se somete un proyecto.

## 2. MÉTODO

Este trabajo se centró en identificar en la literatura existente documentación que muestre las características particulares de los proyectos de investigación científica y que estrategias de gestión existen que puedan ser aplicables sin afectar las particularidades de estos, para ello se busca alguna estrategia de revisión de literatura y se acoge parcialmente la propuesta de Rave [6].

Usando sus recomendaciones se desarrolla una regla de búsqueda que incluya la literatura publicada que hable específicamente de la gestión de proyectos de investigación científica y se escoge la base de datos SCOPUS por el gran volumen de información recolectada. El resultado de la regla es: *TITLE ("research project management" OR "management of scientific research project" OR "management research project")*. Esta regla se aplica en noviembre de 2022 y genera un resultado de 37 documentos, en los que se revisan los resúmenes y características básicas, y se identifica que:

- Se evalúa cada documento para identificar duplicidad y se encuentran 2 artículos que tienen el mismo contenido.
- Se evalúa el idioma en el que ha sido publicado el artículo y se identifican 3 documentos que están en idioma chino, siendo descartados debido que es un lenguaje que no es dominado y esto afectaría su lectura y análisis.
- Se evalúa el resumen y palabras clave de cada artículo y se encuentran 10 documentos que no se ajustan al tema principal del trabajo que es la gestión de proyectos de investigación científica.
- Se desarrolla un proceso de localización de los documentos completos para poder iniciar la etapa de análisis individual, pero a pesar de varias estrategias de localización 1 de uno de ellos no fue posible encontrarlo como documento completo.

Al finalizar la etapa de depuración se define que el Espacio Literario Relevante (ELR) para el desarrollo de las siguientes etapas estaría compuesto por 21 artículos, los cuales fueron analizados a mayor profundidad para extraer la información requerida para el proyecto. El proceso desarrollado se resume en la Figura 1.

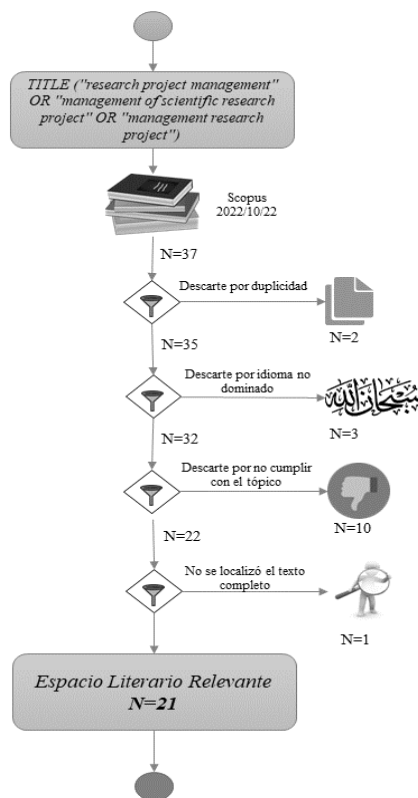


Figura 1. Construcción del ELR

Como estrategia para recolectar la información analizada en la documentación se acoge la propuesta de Rave [6] que recomienda construir una matriz como lo muestra la Figura 2, en la que se recolectan los aspectos que dieron respuesta a las preguntas que originaron este trabajo.

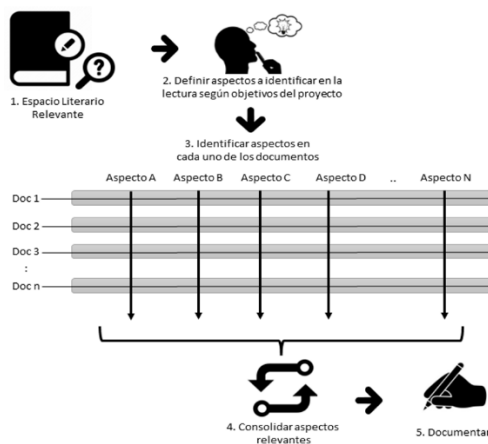


Figura 2. Matriz de aspectos

Los aspectos por identificar en la literatura se describen de la siguiente manera:

- *Particularidades*: Se busca en la literatura las características que el autor expone como componentes particulares de los proyectos de investigación científica.
- *Problemas/Necesidades/Oportunidades que justifican la Gestión de Proyectos de investigación científica*: Elementos que el autor identifica como demandantes de una estrategia de gestión de proyectos de investigación científica.
- *Buenas prácticas*: Actividades que el autor identifica como recomendables para alcanzar una buena gestión de los proyectos de investigación científica.
- *Resultados*: Efectos que el autor identifica que ocurren en el desarrollo de los proyectos de investigación luego de aplicar las buenas prácticas en las estrategias de gestión.

Luego de definir los aspectos se inició la revisión de cada documento y se plasmó en la matriz la información identificada, al finalizar este proceso se genera una matriz que resumía cada uno de ellos. Para finalizar el proceso se realiza un resumen y depuración de los diferentes aspectos dando como resultado el hallazgo de total en los textos la descripción de 51 particularidades, 67 problemas/necesidades/oportunidades que justificaban el uso de la GPIC, 80 buenas prácticas y 60 resultados de la aplicación de estrategias de GPIC.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Gestión de proyectos de investigación científica

Partiendo del concepto, El proyecto se puede definir como un esfuerzo que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, y tiene la característica de ser temporal, es decir, que tiene un inicio y un final establecidos [7]. El desarrollo del conocimiento alrededor del trabajo por proyectos ha influenciado a las empresas a incluir este esquema dentro de sus procesos organizacionales, ya que se han identificado las ventajas de segmentar sus propuestas en grupos definidos y limitados, presentando mejores resultados y eficiencia en el uso de los recursos, siempre que sean bien administrados [8]. Adicionalmente, al sector privado, las entidades públicas, sociales y las instituciones educativas también han encontrado ventaja en apoyarse en los principios del proyecto [9]. Dentro de la estructura de los proyectos es posible dividirlos en dos tipos:

1. Los proyectos de implementación o *duros*: poseen un alcance y objetivos claros, con entregables tangibles. Estos normalmente tienen etapas predecibles y sus procesos están claramente definidos debido a que se basan en modelos de proyectos anteriores para su desarrollo [10, 11].
2. Los proyectos de generación de conocimiento o proyectos *blandos*: dentro de este grupo de proyectos se puede incluir los académicos, de investigación e innovación, los cuales buscan resolver dudas y su desarrollo implica un nivel de incertidumbre alto. Los entregables no están completamente materializados desde el principio del proyecto e incluso pueden cambiar a medida que se desarrolle. Estos proyectos requieren de libertad para cometer *errores* y redefinir los caminos [10, 11].

Estas definiciones se pueden resumir en la Figura 3.

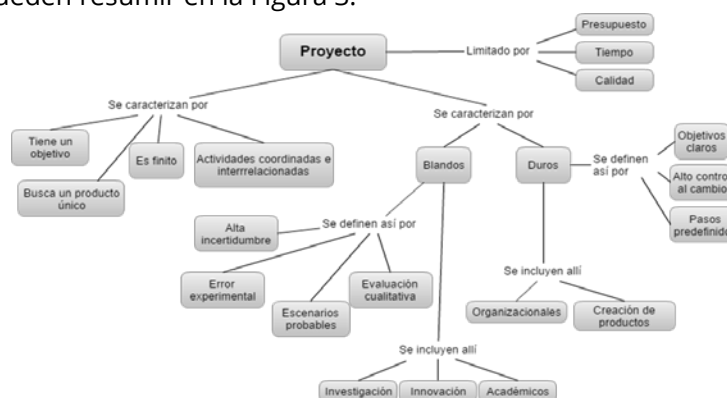


Figura 3. Definición de un proyecto

Según Riol y Thuillier [12], los proyectos académicos de investigación se pueden definir como *un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para nutrir el conocimiento científico, dentro de unas limitaciones de calidad y presupuesto*. Según estos autores, los proyectos poseen características específicas, como:

- Sus fases: concepción de una idea, plan de investigación, plan de ejecución, divulgación de hallazgos y cierre del proyecto.
- Su financiación: basada principalmente en subsidios estatales, lo que les permite cierta libertad y autonomía sobre los alcances y productos.
- Los grupos de trabajo están compuestos principalmente por profesores investigadores, y sus contribuciones serán evaluadas por esa misma comunidad.

- Los grupos de trabajo también están conformados por estudiantes que necesitan entrenamiento, y su función es desarrollar un sub-proyecto que aportará al proyecto principal.
- La incertidumbre en el logro del alcance hace compleja una planificación previa [12].

La metodología de gestión de proyectos es una combinación definida de prácticas relacionadas de forma lógica, métodos y procesos que determinan la mejor manera de planificar, desarrollar, controlar y entregar un proyecto a lo largo del proceso de implementación hasta la finalización con éxito y terminación [13].

El propósito de adoptar una metodología en la gestión de proyectos es permitir el control de todo el proceso de gestión a través de la toma de decisiones efectivas y resolución de problemas, y al mismo tiempo garantizar el éxito de los procesos específicos, enfoques, técnicas, métodos y tecnologías. Por lo general, una metodología proporciona un esquema para la descripción de cada paso en profundidad, de modo que un jefe de proyecto sabrá qué hacer con el fin de entregar y poner en práctica el trabajo de acuerdo con el calendario, el presupuesto y las especificaciones del cliente [14]. Los siguientes logros se obtienen tras adoptar una metodología de gestión de proyectos:

- Se definen las necesidades de todos los interesados.
- Se establece un "lenguaje" común entendido por el equipo, lo que permite que todos conozcan lo que se espera de ellos.
- Las estimaciones de costos son completas, precisas y creíbles.
- Los conflictos son identificados y resueltos de forma temprana, así mismo los resultados son producidos y entregados.
- Se producen lecciones aprendidas y las soluciones se implementan rápidamente.

### 3.2 Aspectos identificados en la literatura analizada

#### 3.2.1 Elementos que caracterizan los proyectos de investigación científica (particularidades)

Por definición, los proyectos de investigación científica son procesos complejos, con multiplicidad de formas en su desarrollo y de alcance variable, lo que los hace susceptibles de convertirse en objeto de investigación en sí mismos. La identificación de las particularidades de los proyectos de investigación permite acercarse a conocer y descomponer la materia básica que integra su estructura (Figura 4).

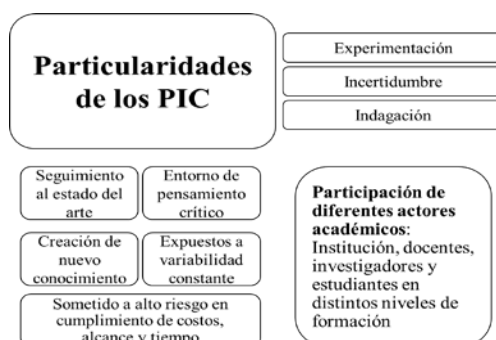


Figura 4. Particularidades de los proyectos de investigación científica

Según la revisión de la literatura realizada, los autores identifican que *la investigación científica es un proceso que ocurre en multi-fase y de forma multi-operacional* [16], donde los eventos suelen acontecer al mismo tiempo. Estas fases inician con la concepción misma del proyecto, donde se combinan *razonamiento, técnicas y herramientas para diseñar una estructura* [17], que les da a los proyectos de investigación el componente de complejidad que se mencionó anteriormente.

Esto implica que los PIC en general deben cumplir con tareas de gestión de información, planeación, gestión documental, evaluación científica, gestión del cambio, financiación y gestión de fondos, gestión de personal

idóneo y gestión estadística [18, 19]. Igualmente, de manera transversal a estas fases se desarrolla una constante inspección del progreso del proyecto y gestión de los productos [20], lo que da como resultado la conclusión de una investigación y permite cerrar con la fase de publicación de los resultados.

Estas fases implican, adicionalmente, iniciar procesos básicos como la *obtención de aprobaciones de distinta índole, planificación de actividades, contratación, tareas de entrenamiento del equipo, consulta de material bibliográfico, entre otros procesos* [21], que dan luz verde al proyecto investigativo.

Todo proyecto de investigación científica es un producto original, con objetivos claros, principio y final delimitado, recursos y tiempo finitos [22]. El primer paso siempre es la creación y presentación de una propuesta o borrador, la cual debe ser avalada por entes institucionales o administrativos que, por lo regular, otorgan financiación y aprobación a los proyectos [23].

Las propuestas de proyecto exitosas se caracterizan por cumplir con una estructura base [17] que permite a los interesados conocer a fondo cuáles son los propósitos que se aspiran alcanzar y las estrategias planteadas para llegar a este fin. Esta estructura debe incluir, como mínimo: la especificación de los objetivos del proyecto, el plan de trabajo y las tareas que se llevarán a cabo (tanto qué tareas, así como el *cómo* se realizarán), la definición de los roles del equipo de trabajo, un cronograma general, una anticipación de los costos y una categorización del presupuesto necesario para realizar el proyecto investigativo [23].

Durante todo este proceso, hasta el momento en que se realice la divulgación de los resultados de investigación, la información debe ser tratada con confidencialidad [24, 25].

Por norma general, los PIC tienen un investigador principal o líder de investigación que es responsable de los tres frentes principales de una investigación: administrativo, operacional y científico [23]. Esto suele implicar que los líderes de PIC deben encargarse de la gestión presupuestal [23], o designar a una persona encargada de este ítem. Igualmente, los investigadores principales son los responsables de definir los roles y funciones específicas de sus proyectos. Es importante no olvidar que varios roles y funciones dentro de un PIC suelen ser ocupados, en muchos casos, por estudiantes.

Por lo tanto, la relación entre los líderes (profesores) y estudiantes es crucial para el logro de los objetivos [26]. Al fin y al cabo, principalmente para las instituciones de corte académico, los proyectos de investigación también funcionan como medios de capacitación [27].

Llegados a este punto, se esclarecen los objetivos del proceso investigativo en sí mismo, pues su estructura depende en gran medida de los resultados que persigue. El motivo por el cual se realiza investigación científica es primordialmente para encontrar respuestas a problemas teóricos y prácticos de distinta índole, dentro de múltiples áreas del conocimiento. Según Korsakov et al. [22], la investigación ofrece soluciones técnicas, económicas o tecnológicas científicamente razonables a múltiples desafíos y preguntas que enfrentamos cotidianamente en el entorno. Así, el objetivo final del proceso de investigación será la creación de nuevo conocimiento, que aporta al *desarrollo del pensamiento crítico en la sociedad* [27].

Aparecen entonces como productos de los PIC nuevos documentos, monografías, informes e invenciones patentadas, entre otros diversos resultados [28], que contribuyen en su conjunto al continuo debate científico, alimentando la estructura de conocimiento de la comunidad académica. En última medida, este nuevo conocimiento creado nutre la base desde la cual otros investigadores podrán desarrollar nuevos proyectos.

Para aspirar a que el conocimiento creado a partir de una investigación se convierta en material para el uso dentro de nuevas investigaciones, es necesario que cualquier proyecto busque amparo en el conocimiento existente. Por esto, es primordial que se revise el estado del arte como una de las tareas iniciales en el proceso de investigación [29], para hacer uso de las fuentes de conocimiento y recurso humano experimentado ya disponibles, que ayuda a evitar la duplicidad en los objetivos propuestos para un PIC [17].

### 3.2.2 Características que advierten la necesidad de implementar metodologías de gestión de proyectos según la literatura

Según lo que se ha explorado hasta ahora, la investigación científica es un proceso empírico y complejo. Este proceso no puede definirse completamente y, según Marchesi [30], implica que la incertidumbre es inevitable en su desarrollo, ya que cada acción, práctica y técnica no son simplemente repetibles. Además de esta complejidad, Leng [31] advierte que los PIC enfrentan diversos tipos de riesgos en su progreso, los cuales son variables y complejos. Estos riesgos pueden materializarse en cualquier etapa del proyecto. Así mismo, el autor añade que los factores de riesgo en los PIC son cambiantes e inciertos, lo que aumenta la incertidumbre en comparación con otros tipos de proyectos. Esto, según Marchesi et al. [30], puede requerir cambios constantes en la dirección de las actividades, lo que puede generar interacciones imprevistas entre los participantes.

Debemos entender, entonces, que los PIC están *supeditados a la concurrencia de posibles eventos de riesgo que pueden afectar su desarrollo* [21]. En esta medida, la gestión debe actuar para minimizar el impacto de estos eventos en el avance y posterior finalización de los proyectos.

Los eventos de riesgo que pueden afectar el desarrollo de un proyecto se convierten en una amenaza para su gestión. Autores como Katz [26] y Leng et al. [31] nos explican que uno de los problemas básicos dentro de los PIC es que no cuentan con una buena evaluación de los riesgos y mucho menos una gestión que pueda disminuir su realización.

A su vez, estos riesgos se materializan con mayor prevalencia ante la presencia de un cúmulo de situaciones problema, identificadas en la revisión bibliográfica realizada. Estas situaciones problema provienen de distintas índoles e, incluso en ocasiones, pueden parecer obviedades que se dan por sentadas en los PIC como asuntos resueltos o que se sobreentienden en el desarrollo de los procesos, lo que aumenta la exposición al riesgo que estas suponen. Se muestra un resumen en la Figura 5.

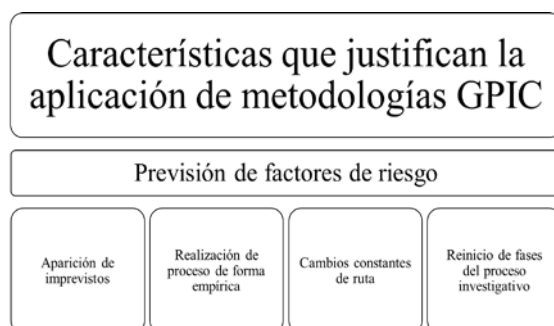


Figura 5. Características que justifican implementar metodologías

Elizabeth Lenz [23] afirma que una de estas situaciones problema ocurre cuando los líderes de un PIC "asumen que el estudio no sufrirá imprevistos, amparados en la idea de que una buena concepción de un proyecto garantiza la no exposición a riesgos. En esta misma línea, Liu et al. [32] explican que en muchas ocasiones proyectos en ejecución deben regresar a la fase de planteamiento, afectando los tiempos y el presupuesto. Esto es grave, pues Ren et al. [16] explican que las limitaciones de tiempo son una variable crítica en los PIC. Por este motivo, que una investigación se vea forzada a volver a una etapa anterior debido a la falta de previsión es inevitablemente una condena para la viabilidad de un proyecto.

Esto reduce la capacidad de maniobra, lo que a su vez es identificado por Liu et al. [32] como otra situación problema adicional. Estos mismos autores también hablan de que la incapacidad para resolver problemas imprevistos se puede convertir en un riesgo en sí mismo. Si acompañamos esto de pobres procesos de factibilidad que puedan dificultar la identificación de las necesidades del PIC [31], tenemos solo un puñado de situaciones con alta probabilidad de que el proyecto fracase.

En total, sumando las situaciones problema ejemplificadas en el párrafo anterior, se encontraron en la búsqueda bibliográfica un total de 67 problemas, necesidades u oportunidades de mejora que justifican el

uso de herramientas de gestión enfocadas en los proyectos de investigación científica. Esto se observó en 19 artículos que se consideraron pertinentes al final del proceso de depuración, lo que invita a pensar que puede haber más situaciones problema tanto identificadas en la literatura y que pudieron no entrar en el radar, como muchas que pueden no haber sido aún descritas y que generan riesgo para los PIC.

### 3.2.3 Situaciones problema según la literatura

En los PIC pueden ocurrir distintas situaciones que podrían ser resueltas con gestión adecuada. Prost et al. [33] encuentra que objetivos mal definidos y fallas en la estructuración del proyecto son problemas comunes que solo se descubren cuando la investigación ya está en marcha. Cuando un proyecto se ve obligado a cambiar sus objetivos por estos fallos en la gestión, los primeros afectados son siempre el cronograma de trabajo y el presupuesto [31]. La falta de un programa de gestión juega entonces un papel preponderante a la hora de generar atrasos y fallos en el proceso investigativo [25].

No solo la formulación de los objetivos es vulnerable a crear este tipo de situaciones; la falta de comprensión de los objetivos del proyecto entre los diversos actores genera falta de sincronización en el desarrollo de las actividades [33]. Las situaciones problema que nacen de la interacción entre los actores involucrados están asociadas a una pobre gestión y distribución del talento humano [31].

Los autores enumeran entre estas situaciones la falta de profesionalización de los líderes de los proyectos en el uso de métodos de GPIC [16], *ausencia de estrategias definidas para la toma de decisiones* [33], *dificultades para encontrar talento humano competente y cambios en el equipo a causa de esto* [31], *sobrecarga laboral externa al proyecto entre los miembros del equipo* [23]. En proyectos con participación de estudiantes, se suman fallas en las estrategias de orientación con la baja formación de los directores en gestión de estudiantes de distintos niveles, así como la falta de herramientas para participar y gerenciar proyectos que presentan los sujetos escolares [26]. Se muestra un resumen en la Figura 6.

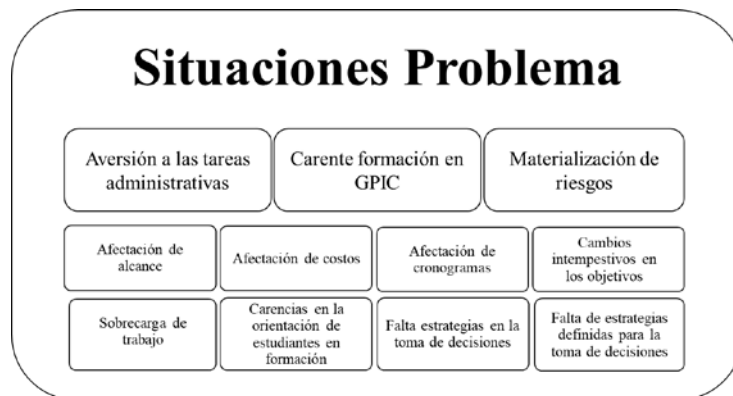


Figura 6. Situaciones problema en la gestión de proyectos de investigación científica

Dentro de las responsabilidades de los líderes de proyecto (entiéndase por líderes de proyecto a investigadores principales, directores y coordinadores de proyectos), también se encuentran falencias que originan riesgos para el desarrollo del proyecto y que pueden ser subsanadas a través de la gestión. La cabeza de un PIC es el encargado (o encargados) de elegir las temáticas y el rumbo de investigación, gestionar los tres principales frentes de trabajo y realizar la evaluación del desempeño de su proyecto (o, en cualquier caso, definir quién se hará cargo de estas actividades, lo que es una actividad en sí misma). Mejri et al. [17] afirma que entre los investigadores *hay poca formación para elegir la mejor temática de investigación y poca experiencia para seleccionar los temas de investigación más pertinentes*.

Así mismo, tanto Leng et al. [31] como Mejri et al. [17] consideran que es común encontrar proyectos donde la coordinación técnica no tiene control total sobre el desarrollo de la investigación. Gong y Zhu [18], por su parte, identifican como una situación problema la falta de índices cuantitativos en las evaluaciones de desempeño en los PIC y, cerrando la lista, el desconocimiento de sus propias responsabilidades por parte de los líderes de proyecto es, según estos autores, una situación recurrente. En definitiva, es un conjunto de situaciones problema que afectan la ejecución de las responsabilidades básicas en la cúpula de los PIC.

Esto afecta también las actividades que se desarrollan en el marco de la investigación, por lo que, en ocasiones, los investigadores omiten la importancia de la realización de tareas como la planeación de esquemas de trabajo, entrenamiento de equipo, entre otros [21]. Sumado a esto, los investigadores también suelen subestimar el tiempo necesario para la ejecución de las tareas y actividades [23], fenómeno que aumenta los riesgos de incumplimiento en el desarrollo del proyecto cuando además no se llevan a cabo modelos de monitoreo que permitan realizar seguimiento a las actividades. Esta situación problema también es descrita por Paunovic et al. [34].

La parte financiera es también un aspecto para tener en cuenta; su gestión correcta y oportuna evita grandes dolores de cabeza a la organización de un PIC. En esta medida, también es propiciadora de algunos problemas que pueden provenir tanto del ámbito externo a la operación investigativa como ser resultado de dinámicas internas.

La situación problemática más común en el ámbito financiero que enfrentan los proyectos de investigación científica (de forma más frecuente en su fase de formulación) es la altísima competencia para acceder a fuentes de financiación, como lo menciona Zhao et al. [35]. Además, Findley et al. [21] y Gong y Zhu [18] coinciden en que una incorrecta gestión de los procesos de aprobación, generada por carencias en la gestión del proyecto mismo, dificultan aún más conseguir los recursos por parte de las instituciones correspondientes. En general, *los recursos destinados a investigación son limitados* [31].

En general, las situaciones problemáticas que han sido descritas hasta ahora se originan debido a la falta de gestión estratégica en los proyectos. Esta es considerada un aspecto fundamental para el éxito de las investigaciones, tanto por Katz [26] como por Prost et al. [33]. Al fin y al cabo, los proyectos sin una gestión adecuada tienden a salirse de control, según Gong y Zhu [18], lo que da lugar a situaciones problemáticas que comprometen la continuidad de los proyectos, como incumplimientos en los acuerdos y contratos establecidos [19]. Estos últimos autores describen los efectos de estos problemas de la siguiente forma: *Las falencias en la gestión producen finalización tardía, fallas en los resultados, uso ilegal de fondos, fuga de proyectos y una baja tasa de conversión.*

### 3.2.4 Oportunidades de mejora identificadas en la literatura

Con el objetivo de resolver estas situaciones problemáticas y reducir la concurrencia de eventos de riesgo que puedan poner en peligro el trabajo investigativo de un proyecto, se vislumbran oportunidades de mejora mediante la aplicación de herramientas de gestión en la investigación científica. En el ámbito universitario, Wang y Liu [36] afirman que la gestión de proyectos de investigación se encuentra en una etapa inicial y enfrenta diversos problemas por resolver. Entre ellos, se destacan el *atraso y falta de estandarización en el concepto de GPIC por parte de los investigadores de las instituciones* [25], así como la *ausencia de formación en gestión de proyectos y la ausencia de programas de GPIC* [26] en muchos casos. Katz también señala en su análisis que *la academia no ha evolucionado mucho en estrategias de gestión de proyectos a diferencia de los centros de investigación* [26]. Todos estos desafíos se convierten en oportunidades de mejora para los grupos de investigación académicos.

En un ámbito más amplio, tanto para grupos de investigadores en instituciones académicas como para externos, existen oportunidades adicionales de mejora a las ya mencionadas. Una de ellas es el diseño de los esquemas de trabajo, que Findley et al. [21] sugieren que podrían ser más detallados y mejor planteados desde las etapas iniciales de los proyectos. Otra oportunidad se encuentra en la caracterización de los proyectos, lo que permitiría desarrollar procesos de gestión estandarizados [22]. Es importante también mejorar la evaluación de los procesos de desarrollo, ya que, según Y. Wang et al. [36], esto permite identificar posibles acciones de mejora dentro de las investigaciones. Asimismo, Meng y Sun [25] y Yan et al. [20] indican que la gestión manual de los proyectos y la baja tasa de sistematización en la GPIC, respectivamente, generan bajos índices de eficiencia, dificultades de consulta y sobrecostos en los procesos de gestión.

Las oportunidades de mejora expuestas también ponen de manifiesto que existen falencias en los procesos de gestión enfocados en la investigación científica. Algunas de estas falencias incluyen la falta de flexibilidad



y versatilidad en el diseño y modelación de los procesos [32, 30], la ausencia de fluidez en la gestión [28], la falta de planes de gestión de riesgos como parte integral del proceso de GPIC [21] y la carencia de innovación en los procesos de gestión [33].

### 3.2.5 Buenas prácticas identificadas en la literatura analizada

Teniendo presente toda la información expuesta, fruto de la revisión bibliográfica, se puede afirmar que el papel primordial de la aplicación de herramientas de gestión en el marco de los proyectos de investigación científica es minimizar la exposición a factores y eventos de riesgo que puedan afectar el desarrollo de las actividades administrativas, operacionales y científicas de una investigación. Esto se logra mediante una estructura o plan que permita reducir al mínimo la aparición de situaciones problemáticas que puedan fomentar la prevalencia de estos riesgos, con el objetivo de aumentar exponencialmente las probabilidades de éxito en este tipo de proyectos, reduciendo la incidencia de retrasos, sobrecostos e incumplimientos.

Para conseguir este objetivo, se extrajo de la bibliografía analizada un conjunto de buenas prácticas que todo proceso de gestión de proyectos de investigación científica debería implementar o promover. Estas medidas tienen como finalidad reducir la prevalencia de situaciones problemáticas y, en última instancia, minimizar la exposición al riesgo e imprevistos que constituyen la mayor amenaza para la investigación científica. A continuación, se presentan las buenas prácticas de forma jerarquizada para limitar el factor aleatorio en su enunciación. Los autores enuncian las prácticas que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Recopilación de buenas prácticas

Contexto	Fuente	Buena práctica	
Sobre la configuración inicial de un esquema de gestión	[33]	Realizar una estructuración integral del esquema de gestión que no solo priorice el aspecto técnico, sino también la organización de las actividades y el entrenamiento del equipo de investigación.	
	[21]	Construir un plan de gestión de riesgo para los proyectos de investigación científica.	
	[31]	Desarrollar un proceso o plan que permita identificar los riesgos. Posteriormente, se debe cuantificar esos riesgos por probabilidad e impacto.	
	[31]	Identificar los riesgos asociados a la variable tiempo.	
	[16]	La variable tiempo debe tenerse en cuenta de forma crítica en el diseño del modelo de GPIC.	
	[23]	Se debe proyectar con cuidado el tiempo y cronograma para prever eventos inesperados.	
	[31]	Generar un plan de monitoreo a los riesgos identificados para el proyecto.	
	[31]	Desarrollar planes de respuesta para afrontar los riesgos al momento que se materialicen.	
	[21]	Establecer de forma constante planes de contingencia que permitan enfrentar los desafíos no anticipados.	
	[21]	Establecer una estrategia de gestión clara para facilitar el control sobre el proyecto.	
	[28]	Crear una estructura para el proceso de gestión.	
	[33]	Realizar procesos de caracterización del proyecto.	
	[25]	Dividir la gestión de proyectos de procesos.	
	[31]	Sistematizar los procesos de GPIC en sistemas centralizados.	
	[25]	Realizar la investigación con apego a los procesos para evitar retrasos, fallas y errores.	
	[21]	Construir un plan de gestión de riesgo para los proyectos de investigación científica.	
	Respecto al desarrollo de las actividades	[36]	Desarrollar un sistema de evaluación integral dentro del proyecto de investigación.
		[36]	Definir índices de objetividad para evaluar los PIC.
[25]		Configurar un sistema para cuantificar indicadores y logros de metas.	
[34]		Incluir (de ser posible) evaluadores especializados externos en la revisión del progreso y las actividades.	
[37]		Buscar y promover un alto grado de coordinación en la ejecución de tareas.	
[21]		Hay que asegurar que cada tarea esté debidamente detallada y englobada dentro de un plan de ejecución y desarrollo secuenciado y sistematizado.	
[18]		Sistematizar y automatizar los procesos y etapas donde aplique o sea pertinente.	
[23]		Desarrollar un plan de trabajo que permita resolver las tareas de inicio, además de planear y organizar el trabajo del proyecto completo.	
[23]		Monitorear y corregir los avances y el rumbo del proyecto cuando sea necesario para asegurar la integridad de la investigación.	
[23]		Desarrollar una buena gestión del cambio, promoviendo una buena comunicación con todos los participantes e interesados.	
[16]		Todos los acontecimientos de gestión deben ser organizados de forma adecuada para evitar una colisión en los recursos y asegurar la eficiencia del cronograma.	
[17]		Realizar un plan de registro y seguimiento de todas las acciones realizadas y sus responsables.	
[36]	Llevar estricto control de las actividades ya realizadas para evitar sobrecostos en reprocesos.		

	[23]	La planificación de las actividades debe preceder cualquier actividad de recolección de datos.
	[22]	Definir fases de desarrollo que puedan ser gestionadas de manera independiente.
	[23]	Construir una línea de tiempo realista para completar las actividades.
	[28]	Promover el apoyo colaborativo entre los centros de investigación.
	[27]	Promover entornos colaborativos para el desarrollo de proyectos de investigación.
	[24]	Crear un entorno de trabajo colaborativo para poder recibir aportes de cada uno de los interesados en el proyecto.
	[23]	Antes de iniciar cualquier estudio es importante clarificar las relaciones de colaboración y jerarquía entre los miembros del equipo.
	[23]	El plan de trabajo debe incluir especificaciones de actividades, roles y responsabilidades, esto permite que el personal ejecute los protocolos de forma precisa y consistente, para que pueda anticipar errores y evitar cometerlos.
	[32]	Determinar claramente jerarquías y roles en los equipos de trabajo.
	[24]	Asignar las tareas correspondientes a cada uno de los miembros del equipo.
La gestión del personal dentro de un proyecto de investigación implica múltiples retos	[23]	La división de tareas del proyecto y los roles del personal deben ser revisados periódicamente, principalmente cuando ocurren cambios en el equipo.
	[31]	Fortalecer la coordinación técnica.
	[21]	Crear sistemas de entrenamiento para el equipo de trabajo seleccionado, desarrollar planes de trabajo, recolectar información y en general promover la realización de las actividades básicas para el establecimiento del proyecto.
	[23]	Entrenamiento adecuado del equipo que participa en el proyecto.
	[26]	Formar a los asesores en habilidades gerenciales que faciliten una mejor orientación a sus estudiantes durante el desarrollo de los proyectos.
	[26]	Formar a los asesores en habilidades blandas que mejores los canales de comunicación y las relaciones asesor-estudiante.
	[26]	Formar a los estudiantes que participan en PIC en herramientas de gestión de proyectos.
	[26]	Sensibilizar a los estudiantes y sus asesores sobre las ventajas que ofrece aplicar estrategias de gestión en los proyectos.
	[31]	Mejorar la fluidez de las comunicaciones.
	[31]	Crear fuertes canales de comunicación entre los miembros del proyecto.
	[23]	Realizar reuniones de equipo de forma regular, ayuda a mantener una vigilancia del desarrollo del proyecto.
	[23]	Las discusiones abiertas facilitan la detección de problemas y anima en la búsqueda de soluciones.
	[31]	Realizar estudios previos para identificar necesidades de los proyectos de investigación científica.
	[36]	Recolectar lecciones aprendidas de proyectos previos para evitar repetir sus errores.
	[17]	Recolectar y documentar la información del Know-how para apropiar el conocimiento adquirido y habilidades que utilizará el equipo para lograr los objetivos.
	[17]	Se debe crear un plan de documentación de información durante el desarrollo del proyecto.
[18]	Centralizar la gestión de la información.	
Al respecto de la gestión documental	[23]	La gestión de los registros es una tarea de todo el equipo; estos deben ser clasificados de manera cuidadosa
	[32]	Mantener un registro juicioso de toda la información.
	[23]	La gestión de registro debe incluir: Todas las actas, documentación de decisiones (racionalmente), correspondencia oficial, currículos y otros documentos del equipo de trabajo, copias de reportes y publicaciones resultado del estudio.
	[23]	Las actas de reuniones son documentación oficial, deben distribuirse entre todo el equipo para mantener informado a los miembros.
	[19]	Apoyarse en sistemas de intercambio de información automatizados y cifrados.
	[18]	Generar estadísticas para mejorar el seguimiento al proyecto.
	[28]	Apoyarse en herramientas tecnológicas disponibles para garantizar la confiabilidad de la información.
	[17]	Crear una memoria histórica de los proyectos de investigación para su reutilización.
	[31]	Documentar las lecciones aprendidas dentro del PIC.
	[18]	Facilitar la consulta por parte de los interesados y especialistas de apoyo.
[36]	Posterior al cierre del proyecto, se debe desarrollar una evaluación ex post para validar los efectos del proyecto en el entorno.	

### 3.2.6 Resultados esperados al aplicar metodologías de gestión de proyectos según la literatura

La bibliografía consultada también resalta diversos resultados que es posible obtener durante el desarrollo de las investigaciones en las cuales se utilizan estrategias y metodologías de gestión. En términos más generales, se puede destacar una mejora en la eficiencia de los proyectos [26, 36], se minimizan los riesgos, su aparición y su incidencia en el éxito del proyecto, lo que disminuye la incertidumbre alrededor de los riesgos [31]. La inclusión de tareas de seguimiento y evaluación eleva la capacidad de calificar los proyectos [36], proporciona a los investigadores una base científica para la toma de decisiones, lo que aumenta la

eficiencia y elimina la subjetividad al hacer seguimiento de los avances de la investigación [36]. Las investigaciones realizadas con metodología de gestión pasan a ser dirigidas de forma activa [18]. El desarrollo no es consecuencia pasiva de los avances sucedáneos, pues el equipo de investigación tiene bajo control las decisiones sobre todos los procesos. Lo anteriormente dicho dota a los líderes de investigación de mayor control técnico sobre el desarrollo de las investigaciones, lo que les permite ejercer mayor control sobre cronogramas, presupuestos, procesos, riesgos y los cambios que puedan derivar de su posible incidencia [31].

Las estrategias de gestión de proyectos de investigación científica, que tienen en cuenta la importancia del adecuado manejo del talento humano, dan como resultado la creación de planes de comunicación estructurados y eficientes [23], lo que deriva en una mejor comunicación, un trabajo en equipo eficiente y un entorno de trabajo colaborativo [24]. La correcta gestión del talento humano también deriva en una asignación de roles y responsabilidades bien definida para cada miembro del equipo [21, 23, 30] y, a su vez, genera mayor apoyo para el liderazgo y la toma de decisiones entre los líderes del proyecto [32].

En su conjunto, los resultados obtenidos de la identificación de situaciones problema y la aplicación de estrategias de gestión, que permitan solventarlos amparadas en buenas prácticas para el desarrollo de los proyectos, van encaminados a elevar el nivel de éxito en las investigaciones científicas [21, 32]. Esto se resume en la Figura 7.

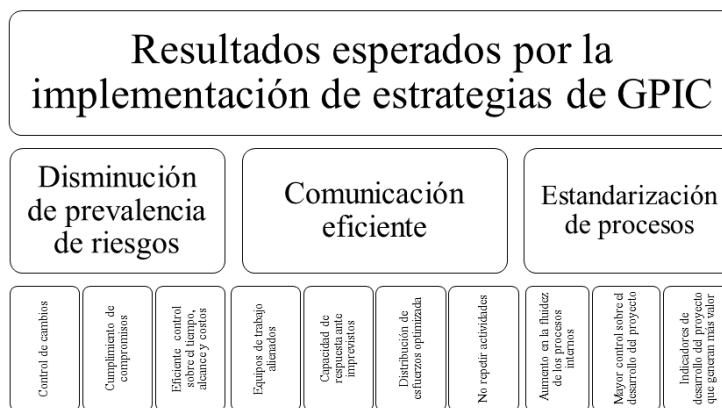


Figura 7. Resultados esperados al aplicar metodologías de gestión de proyectos

#### 4. CONCLUSIONES

Como resultado de este estudio, se revela que la aplicación de metodologías de gestión de proyectos en los entornos de investigación científica no es una práctica ampliamente difundida. En cambio, la gestión en este contexto tiende a depender de la experiencia acumulada por los investigadores a lo largo de su trayectoria académica. A pesar de esta situación, surge claramente la necesidad imperante de desarrollar metodologías que establezcan un lenguaje unificado en el ámbito de la gestión de proyectos en la investigación científica.

Los análisis de la literatura identificada en la búsqueda exponen que hasta la fecha en la que se desarrolla la revisión no se ha forjado una vía común en esta área, y cada intento por forjar dicho lenguaje común se lleva a cabo de manera individual. En consecuencia, no se ha logrado discernir una cohesión en los conocimientos adquiridos en este aspecto.

En lo referente a la documentación analizada en este trabajo se puede identificar que los proyectos de investigación científica si tienen particularidades que los diferencian de los demás tipos de proyectos y por ello deben ser gestionados con estrategias que tenga en cuenta esas características. Se requiere el desarrollo de una estrategia estandarizada que le permita a los investigadores tener una hoja de ruta a la hora de realizar la gestión de sus proyectos debido a que se expone en algunos documentos los inconvenientes que pueden afectar el éxito de estos.

Debido a las características de las personas que participan en este tipo de proyectos, donde aparecen grupos de estudiantes sin experiencia, es necesario que estas herramientas de gestión implementen

capítulos orientados a la gestión de talento humano para lograr cohesión en los equipos y ambiente de trabajo más cómodos para el desarrollo de las diferentes actividades inherentes al proyecto.

Es necesario que los centros de investigación creen unidades encargadas de apoyar a los investigadores en las tareas de gestión con el fin de darles formación y apoyo administrativo para que puedan concentrarse en el logro de sus objetivos.

## REFERENCIAS

- [1] Johnson S. (2013). Technical and institutional factors in the emergence of project management. *International Journal of Project Management* 31(5), 670–681.
- [2] Morris P. (1994). *The management of projects*. Thomas Telford.
- [3] Garel G. (2013). A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management* 31(5), 663–669.
- [4] Pinto J. y Winch G. (2016). The unsettling of “settled science:” The past and future of the management of projects. *International Journal of Project Management* 34(2), 237–245.
- [5] Kuchta D. y Skowron D. (2015). Clasificación de proyectos de I+D y selección del concepto de gestión de proyectos de I+D. *R&D Management* 46(5).
- [6] Pérez J. (2019). Revisión Sistemática de literatura en Ingeniería. *Idinnov*.
- [7] Gido J. y Clements J. (1999). *Administración Exitosa de Proyectos*. Thomson.
- [8] Demir C. y Kocabaş I. (2010). Project Management Maturity Model (PMMM) in educational organizations. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 9, 1641–1645.
- [9] Clark I. y Colling T. (2005). The management of human resources in project management led organizations. *Personnel Review* 34(2), 178–191.
- [10] Crawford L. y Pollack J. (2004). Hard and soft projects: A framework for analysis. *International Journal of Project Management* 22, 645–653.
- [11] Kapsali M. (2011). Equifinality in project management. *Adition*, 681–695.
- [12] Riol H. y Thuillier D. (2015). Project management for academic research projects: Balancing structure and flexibility. *International Journal of Project Organisation and Management* 7(3), 251–265.
- [13] Kerzner H. (2010). *Project management, best practices: Achieving global excellence*. International Institute for Learning.
- [14] Vinekar V. et al. (2006). ¿Pueden coexistir los enfoques de desarrollo de sistemas tradicionales y ágiles? Una vista ambidiestra. *Gestión de sistemas de información* 23(3), 31–42.
- [15] González J. (2023). *Hacia la construcción de una estrategia de gestión de proyectos en investigación científica. Estudio de caso en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, 2022 – 2023*. Tesis de maestría. Universidad de Antioquia.
- [16] Ren B. et al. (2011). Una Representación de Time Petri Net para la Gestión de Proyectos de Investigación Científica. *Mecánica aplicada y materiales* 109, 596–602.
- [17] Mejri L. et al. (2021). Computer Research Project Management Towards ontology based approach for Research Projects. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 12(3), 523–535.
- [18] Gong X. y Zhu W. (2014). The design and application of scientific research project management system. En *Applied Mechanics and Materials* (pp. 571–572).
- [19] Meng Q. y Sun R. (2021). Towards secure and efficient scientific research project management using consortium blockchain. *Journal of Signal Processing Systems* 93(2–3), 323–332.
- [20] Yan Z. et al. (2020). University research project management system based on cloud platform. En *International Conference on Big Data and Informatization Education*. Zhangjiajie, China.
- [21] Findley T. et al. (1989). Research in physical medicine and rehabilitation. *Research project management*. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 68(6), 288–299.
- [22] Korsakov M. et al. (2017). Research project management as the main tool of innovative management. *International Journal of Applied Business and Economic Research* 15(13), 1–11.
- [23] Lenz E. (1999). Strategies for successful research project management. *Nursing Leadership Forum* 4(1), 26–31.
- [24] Li X. et al. (2013). Architecture design of scientific research project management information system. *Applied Mechanics and Materials* 347, 3267–3272.
- [25] Meng Q. y Sun R. (2021). Towards secure and efficient scientific research project management using consortium blockchain. *Journal of Signal Processing Systems* 93(2–3), 323–332.
- [26] Katz R. (2016). Challenges in doctoral research project management: A Comparative study. *International Journal of Doctoral Studies* 11, 105–125.
- [27] Demidova N. et al. (2017). Design and implementation of a model for research projects management in the school scientific and educational environment. *Man in India* 97(15), 393–404.
- [28] Bai Y. et al. (2019). Researchchain: Union blockchain based scientific research project management system. En *Chinese Automation Congress*.
- [29] Oliveira D. et al. (2021). Research project management in communication design: Design methodology applied to communication design research. *Springer Series in Design and Innovation* 9.
- [30] Marchesi M. et al. (2007). Distributed scrum in research project management. En Concas G. et al. (eds.), *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming* (pp. 240–244). Springer.
- [31] Leng W. et al. (2019). Research on risk management of scientific research projects. En *ACM International Conference Proceeding Series*.

- [32] Liu T. et al. (2012). Construction of automatic scientific research project management system based on workflow. *Advanced Materials Research* 546, 514–518.
- [33] Prost L. et al. (2019). Towards a reflective approach to research project management. *Agroecological transitions: from theory to practice in local participatory design*. Recuperado: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-01953-2>
- [34] Paunović L. et al. (2013). Developing business intelligence model for scientific research project management. *Metalurgia International* 18(4), 44–49.
- [35] Zhao Y. et al. (2017). K-means clustering method based on artificial immune system in scientific research project management in universities. *International Journal of Computing Science and Mathematics* 8(2), 129–137.
- [36] Wang B. y Liu D. (2014). The performance evaluation of university scientific research project management based on the FAHP. *Journal of Digital Information Management* 12(1), 18–25.
- [37] Oliveira D. et al. (2020). Research project management in communication design: Methodology proposal. *Advances in Intelligent Systems and Computing*.

# Influencia de la Región Centro de México en la contaminación del Río Turbio

Ana Luisa González Arévalo<sup>1</sup>  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

Primero se esbozan algunos elementos teóricos vinculados con el derecho al agua limpia no contaminada que tiene cualquier ser humano, la urbanización en el contexto de la utilización de agua, se revisan varios estudios del tema y, posteriormente, se explica la localización geográfica del Río Turbio, asentado en la Región Centro de México y se efectúa una comparación de la extensión territorial de los estados de esta región. Luego se delimitan de esta área territorial las entidades que la forman, su situación económica, señalando algunas particularidades como el PIB total y el manufacturero; también se marcan factores de carácter social como la población total y se presenta la contaminación del río causada por los derramamientos de salida de agua exageradamente contaminada de las industrias del sector manufacturero, que se localizan cerca de la corriente.

---

<sup>1</sup> Doctora en Estudios Latinoamericanos. Contacto: [analuisa102002@yahoo.com.mx](mailto:analuisa102002@yahoo.com.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se plantean elementos teóricos en relación al derecho al agua limpia no contaminada que tiene cualquier ser humano, se revisan varios estudiosos del tema y, posteriormente, se aborda la localización geográfica del Río Turbio, en la Región Centro de México y se establece una comparación de la extensión territorial de los estados, de esta región.

De esta área territorial se determinan las entidades que la conforman su entorno económico, mencionando particularidades como el PIB total y manufacturero, también se señala la población total y en situación de pobreza. Posteriormente, con los factores económicos y sociales se presenta la contaminación del río, causada por un lado por los habitantes que habitan en cerca del Río Turbio y por otro, las válvulas de escape de agua exageradamente contaminada de las industrias que recibe.

La hipótesis que es que el Río Turbio muestra serias dificultades de contaminación por las de las liberaciones de la ciudad de León, ubicada en la entidad de Guanajuato, que cuenta con una población importante y los escapes de industrias de la peletería que se encuentran cerca de este río.

El método de investigación expuesto es de tipo cuantitativo y analítico derivado, de la investigación estadística que ha sido elaborada a partir de fuentes oficiales gubernamentales para la articulación de series estadísticas y unidades gráficas.

El objetivo es fijar si el Río Turbio, ubicado en esta Región Centro, exhibe problemas de pudrición que alteren el agua limpia de este río.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

El agua es un elemento fundamental del medio ambiente, interviene para lograr buena salud en los seres humanos como en el ecosistema en general [1].

El uso del agua impone numerosas transformaciones a la configuración de los ríos, lagos, lagunas, tales como la construcción de presas y canales de riego. El uso del suelo en los terrenos, influye en la calidad del agua, debido a que la agricultura, la industria, la urbanización y la deforestación constituyen las principales fuentes de contaminación puntual y difusa. Así, se afecta el almacenamiento en acuíferos y la calidad del agua subterránea. De hecho, muchas actividades en la superficie de las cuencas repercuten en el agua subterránea. La falta de una eficaz gestión del agua y la sobreexplotación pesquera, tanto comercial como deportiva, al igual que la introducción de especies exóticas, perturban los ecosistemas acuáticos [2].

Dentro del marco de la libertad de los seres humanos para tener acceso al agua, por ser un derecho fundamental: las personas tienen la facultad del acceso al agua limpia y que ni el Estado ni las personas deben permitir o impedir [3]. En efecto, las libertades concebidas desde la perspectiva del saber, concuerdan con el objeto material de los derechos humanos, en su doble aspecto de progreso y de congruencia [4].

El cambio climático y el estrés hídrico limitan las reservas de agua limpia. La sobreexplotación de los recursos naturales ha inducido a un desequilibrio ambiental [5]. No obstante, las aportaciones antrópicas de las diversas fuentes resultan ser los principales elementos que afectan a los cuerpos de agua, en particular los que se encuentran en las zonas muy urbanizadas [6].

Es importante mencionar el aspecto de las ciudades, que son espacios donde predomina el comercio, la industria y el progreso económico, también son generadoras de múltiples problemas ambientales debido su crecimiento y densidad poblacional. Según la Organización Meteorológica Mundial OMM, actualmente, unos 3500 millones de personas residen en zonas urbanas. Se prevé que en 2050 esta cifra se eleve a 6300 millones, pasando así de representar el 50% de la población mundial a constituir más del 70%. Lo anterior se traduce en un aumento en la urbanización, que equivale a la alteración de los paisajes naturales y la eventual sustitución de superficies vegetales por zonas impermeables. La sobreexplotación se presenta



cuando la extracción de aguas subterráneas a largo plazo excede la recarga del acuífero ante el actual crecimiento de la población urbana, es cada vez más difícil encontrar y utilizar nuevas fuentes de agua necesarias para satisfacer la creciente demanda de agua. En el mismo contexto, las áreas urbanas ejercen múltiples presiones sobre la cuenca hidrográfica [7].

### 3. FACTORES GEOGRÁFICOS DE LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO: LA ENTIDAD DE GUANAJUATO

El Río Turbio se localiza en la Región Centro de México, en particular en el estado de Guanajuato, esta entidad cuenta con una superficie de más de 30,6 mil km<sup>2</sup> comprende un 24% de la superficie de esta región de México, a diferencia de Puebla con un 26% del total de esta región, y para Tlaxcala su territorio es de casi 4000 km<sup>2</sup> (Tabla 1 y Figura 1).

**Tabla 1.** Superficie continental de las entidades de la Región Centro, en miles de km<sup>2</sup> y porcentajes

Entidad	Superficie	Porcentajes
Ciudad de México	1494,3	1,0
Guanajuato	30606,7	24,0
Hidalgo	20821,4	16,0
México	22351,8	17,0
Morelos	4878,9	4,0
Puebla	34309,6	26,0
Querétaro	11690,6	9,0
Tlaxcala	3996,6	3,0
Total	130149,9	

INEGI. Panorama Sociodemográfico de Hidalgo. Censo de Población y Vivienda 2020-2021.  
 INEGI. Panorama Sociodemográfico de Guanajuato. Censo de Población y Vivienda 2020-2021.  
 INEGI. Panorama Sociodemográfico de México. Censo de Población y Vivienda 2020-2021.  
 INEGI. Panorama Sociodemográfico de Morelos. Censo de Población y Vivienda 2020-2021.  
 INEGI. Panorama Sociodemográfico de Puebla. Censo de Población y Vivienda 2020-2021.  
 INEGI. Panorama Sociodemográfico de Querétaro. Censo de Población y Vivienda 2020-2021.  
 INEGI. Panorama Sociodemográfico de Tlaxcala. Censo de Población y Vivienda 2020-2021.



**Figura 1.** La entidad de Guanajuato (INEGI. Información por entidad)

### 4. ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO

El PIB total generado por Región Centro de México, para 2021 constituye el 37,3% del total del país, en específico en Guanajuato produce el 11,3% de esta región y al país aporta el 4.2% (Tabla 2).

**Tabla 2.** PIB total de la Región Centro, 2021. Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala, Total de la Región Centro y Total Nacional. Millones de dólares

Entidad	PIB Total
Ciudad de México	179838
Estado de México	107512
Guanajuato	50005
Hidalgo	18886

Morelos	12565
Puebla	36913
Querétaro	26960
Tlaxcala	6620
Total de la Región Centro	439299
Total Nacional	1176935

INEGI. Banco de Información Económica. Sistema de Cuentas Nacionales.

En relación al PIB manufacturero estas entidades que conforman la Región Centro contribuyen con el 27,73% del PIB manufacturero total y Guanajuato aporta el 6,55% del total nacional (Tabla 3 y Figura 2).

**Tabla 3.** PIB manufacturero, 2021 de la Región Centro. Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro Tlaxcala, Total de la Región Centro y Total Nacional. Millones de dólares

Entidad	PIB manufacturero
Ciudad de México	904
Estado de México	20029
Guanajuato	14854
Hidalgo	4747
Morelos	2430
Puebla	9943
Querétaro	8322
Tlaxcala	1620
Total de la Región Centro	62849
Total Nacional	226590

INEGI. Banco de Información Económica. *Sistema de Cuentas Nacionales*



**Figura 2.** PIB manufacturero de la Región Centro en porcentaje de cada entidad con respecto al total de México 2021

## 5. ASPECTOS SOCIALES DE LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO

La Región Centro de México aglutina a una población de casi 31 millones de personas para 2020, es decir, el 24,3% del total de México y Guanajuato, donde se ubica el Río Turbio, concentra al 4,8% de la población de México; la tasa de crecimiento en el país es de 1,2, en esta zona en promedio es de 1,3 y en Guanajuato de 1,2, similar a la de toda esta nación (Tabla 4).

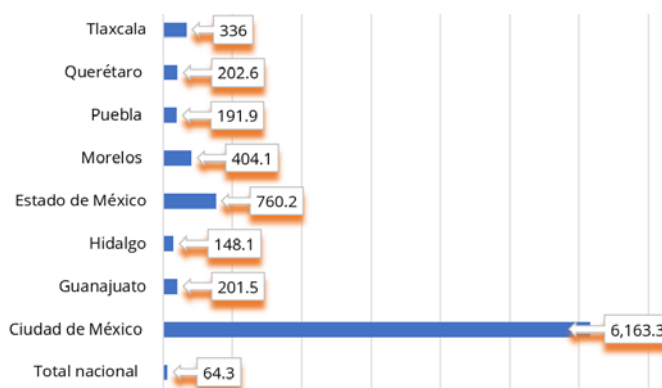
**Tabla 4.** Población total, tasa de crecimiento de la población y densidad de población de las entidades de la Región Centro 2020.

Entidad	Población	Tasa de crecimiento de la población	Densidad de la población
Ciudad de México	9209944	0,4	6163,3
Estado de México	16992418	1,2	760,2
Guanajuato	6166934	1,2	201,5
Hidalgo	3082841	1,5	148,1
Morelos	1971520	1,1	404,1
Puebla	6583278	1,3	191,9
Querétaro	2368467	2,7	202,6

Tlaxcala	1342977	1,4	336,0
Total de la Región Centro	30725961	Promedio 1,3	Promedio 1051,0
Total Nacional	126014024	1,2	64,3

INEGI. Programas de información

Con respecto a la densidad poblacional encontramos que la de todo México es de 64,3 habitantes por km<sup>2</sup>, en la Ciudad de México es de 6163,3 h/km<sup>2</sup>, una muy elevada concentración de población, es importante mencionar que esta ciudad se ubica en la zona metropolitana del Valle de México, actualmente es la quinta mega urbe del mundo, con más de 21,5 millones de habitantes. La densidad poblacional en promedio para esta zona geográfica es de 1051,0 habitantes por km<sup>2</sup> y Guanajuato en particular es de 201,5 hab/km<sup>2</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Densidad poblacional de cada una de las entidades de la Región Centro: Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala 2020. INEGI. Programas de información

La población que vive en situación de pobreza en las entidades que conforman la Región Centro de México, alcanzan a ser casi 23 millones de personas y, en especial donde se localiza el Río Turbio, aglutina a 4,7% de la población de México situada en situación de pobreza (Tabla 5).

**Tabla 5.** Personas en situación de pobreza de las entidades que conforman la Región Centro de México 2020

Entidad	Personas en situación de pobreza
Ciudad de México	2981772
Estado de México	9206181
Guanajuato	2687205
Hidalgo	1394749
Morelos	1071977
Puebla	4117279
Querétaro	708272
Tlaxcala	797311
Total de la Región Centro	22964746
Total Nacional	56647981

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social CONEVAL. *Medición de la pobreza, Estados Unidos Mexicanos, 2010-2020. Indicadores de pobreza por municipio*

Con respecto a la población que vive en situación de pobreza en los municipios del estado de Guanajuato que atraviesa esta vertiente se encuentra lo siguiente: tienen una población de casi 2 millones 700 mil personas, en promedio casi el 50% su población se encuentra en situación de pobreza, la ciudad de León tiene más de 800 mil personas en esta condición, no obstante, tener la manufactura muy importante de la peletería (Tabla 6).

**Tabla 6.** Municipios del estado de Guanajuato por donde pasa el río Turbio, población total, población en situación de pobreza y porcentaje de la población en pobreza 2020

Entidad	Población total	Población en pobreza	Porcentaje de población en pobreza
Abasolo	90117	49100	47,8
Cuerámara	29365	15220	51,8
León	1780345	816934	45,9
Manuel Doblado	39597	19860	50,2

Pénjamo	147859	75528	51,1
Purísima del Rincón	80777	34664	42,9
Romita	59106	29499	49,9
San Francisco del Rincón	126066	59634	47,3
Población total	2353232	1100439	46,7
Promedio de la población en pobreza			48,1

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social CONEVAL. *Medición de la pobreza, Estados Unidos Mexicanos, 2010-2020. Indicadores de pobreza por municipio*

Esta capital León de la entidad de Guanajuato, es la principal localidad que contamina al río Turbio, para el año 2020, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, este territorio tiene una superficie de 1221,6 km<sup>2</sup>, es decir, representa el 4,0 del territorio nacional, su densidad de población es de 1409,0 habitantes/km<sup>2</sup> el nivel de escolaridad de su población el 52,4% cuenta con educación básica, el de nivel superior es el 20.7%.

## 6. LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO TURBIO

El Río Turbio nace en el Río de los Gómez, es un tributario directo del Río Lerma, es considerado este último muy importante de la cuenca alta. El manantial del Río Turbio es en la Sierra Cuatralba, aproximadamente, a unos 20 kilómetros al norte de la ciudad de León, estado de Guanajuato. Su vertiente llega a la presa El Palote, se nivela y se escurre hacia el sur, su anchura fluctúa entre los 50 y 80 metros. El río corre hacia el municipio de San Francisco del Rincón, y de ahí recorre 200 km hasta encontrarse con el Río Lerma, uno de los más grandes de México [8]. La industria de la curtiduría se fundó en la ciudad de León, porque surtía a la industria minera hace aproximadamente 400 años, desde entonces se ha contaminado el agua con sustancias peligrosas y que no reciben ningún tratamiento.

El estado de Guanajuato ha presentado una crisis hídrica. La industria de la curtiduría es muy importante para la economía de la ciudad de León, sin embargo, descarga sus aguas residuales sin tratar al río Turbio, este hecho ha sido denunciado por Acción Colectiva Socio-ambiental a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Profepa, a la Comisión Nacional de Agua Conagua y a la Comisión Nacional de Derechos Humanos CNDH, se ha especificado como responsable al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León SAPAL. En efecto, las aguas residuales domésticas y las industriales no son tratadas por SAPAL.

En México, el Río Turbio es considerado uno de los más contaminados de México, se ha convertido en un tiradero a cielo abierto, donde desgraciadamente las autoridades no han visto su situación y por tanto sus consecuencias, sus aguas asemejan jabón, su olor es tan desagradable a grandes distancias...en la actualidad, el tiradero de desechos diariamente se arrojan al cauce del Río Turbio es entre 200 y 500 toneladas de lodo industrial que contiene residuos industriales químicos utilizados en la preparación de la piel para el calzado. Según el Programa Nacional Hídrico 2013-2018, la falta de drenaje en diversos municipios es uno de los principales generadores de esa contaminación que a su vez no han sido acreedores a multas, sanciones o acciones que ayuden a mitigar el problema [9].

En este caso, la sub-cuenca está subordinada a los efectos de la actividad antropogénica, como, por ejemplo, la industria, la deforestación, grandes urbanizaciones, porque está la ciudad de León, con una importante industria de la peletería y la agricultura, se ocupa aproximadamente el 53% del área de la sub-cuenca para la producción de granos, forrajes, hortalizas y especias [10].

Entre las sustancias peligrosas que son arrojadas al río encontramos el arsénico, y otros metales pesados, también se encuentran raticidas, plomo, níquel, mercurio, solventes, petroquímicos, cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, zinc, es decir, son desechos industriales, todos ellos potenciales dañinos para los seres vivos y de peligro mortal para el consumo humano. Este tipo de metales se encuentran por encima de lo permisible, incluso encima de los límites internacionales [11].

El agua de este río tiene características de agua industrial en la parte alta de la cuenca, porque recibe importantes descargas de agua contaminada sin ningún tratamiento. Resultado de esta situación esta vertiente se encuentra entre los más contaminados en México, ello es resultado de que durante varios años

el manejo de desechos ha sido muy inadecuado, además de que los sistemas de control se ven obstaculizados por las condiciones sociales y económicas prevalecientes.

Se han llevado a cabo programas de muestreo para identificar los principales puntos de descarga, y se han clasificado en los siguientes tipos:

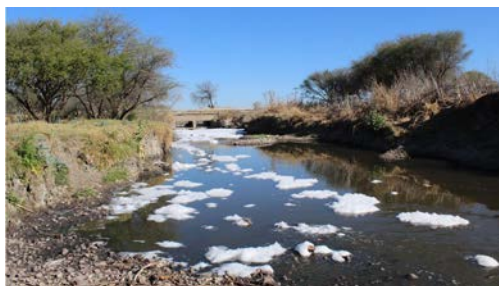
- Las descargas que realizan los municipios y las localidades pequeñas en toda la cuenca.
- Liberaciones de agua industriales contaminadas.
- Aguas de los arroyos cercanos.

Los resultados arrojan de estas liberaciones de agua se compararon con los límites máximos de la Norma Oficial Mexicana (NOM\_001\_SEMANART-1996) se deduce que la familia de aguas predominante es la clorurada-sódica y en menor medida la del tipo carbonatada-sódica.

Conformen con los análisis de alcalinidad de este Río Turbio, se encontró 548mg/L, es necesario hacer descender estos niveles de alcalinidad, mínimo a los límites que establece la Ley Federal de Derechos (400mg/L). En particular en la ciudad de León, Guanajuato la concentración de estos elementos alcanzó los 2,150mg/L [12]. Este río al estar muy contaminado es muy nocivo para la salud, emite olores fétidos que son respirados por los habitantes que viven cerca de esta afluyente, ocasiona dolores de cabeza náuseas y a veces hasta vómitos.

Ante esta situación los vecinos se han quejado ante las autoridades, se identificó en particular a la empresa WYNY S.A. de C.V. que es la que realiza las descargas en una alcantarilla pluvial para que desemboque en el Río Turbio, incrementando aún más la carga contaminada del propio afluyente. Los componentes contaminantes están fuera de la norma NOM-001-SEMANART-2021 que es la que establece los límites permisibles [13].

Finalmente, el río Turbio es una de las vertientes más contaminadas de Guanajuato (Figuras 5 y 5), su situación es producto del nocivo que ocasiona la industria, en particular la peletera al no tratar sus desagües, sobre todo la proveniente de León, es decir, no se cuenta con control ambiental necesario [11].



**Figura 4.** Contaminación del Río Turbio (Periódico Notus)



**Figura 5.** La descomunal contaminación del Río Turbio (El Sol de León)

## 7. PROPUESTAS

Como propuesta central desde mi punto de vista es la de obligar a las empresas a limpiar el agua que ensucian antes de ser vertida al río y si no se puede lograr, entonces aplicar sanciones o multas muy elevadas, y de continuar contaminando llegar a la clausura o cierre de estas empresas, que en varios casos son verdaderos complejos industriales de gran capacidad económica, pero muy contaminantes sus desechos o tiraderos que vierten al agua, sean ríos, lagos, lagunas, mares, océanos.

También sería importante ir avanzando, aunque sea manera muy gradual en la concientización de la población sobre la contaminación de estos recursos hídricos tratar de limpiar y tratar el tema de la reforestación de los bosques.

Es importante acatar el párrafo sexto del artículo 4 que se publicó el 8 de febrero de 2012 en el Diario Oficial de la Federación que a la letra dice: *Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para su consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible* [14].

## **8. CONCLUSIONES**

El Río Turbio se localiza en la Región Centro de México, en particular en el estado de Guanajuato, la contribución de esta entidad en la PIB total y en PIB manufacturero no es muy importante a diferencia del estado de México.

La entidad de Guanajuato donde se localiza esta vertiente se ubica la ciudad de León, muy importante para la industria de la peletería y también aglutina a una importante masa poblacional, estos factores son los causantes de las descargas de agua muy contaminada hacia esta vertiente.

Este acuífero se encuentra muy contaminado por la descarga de las aguas residuales industriales provenientes en especial de la ciudad de León.

Resulta fundamental volver a dar vida al este recurso hídrico, en donde se observa que la proliferación de la vida acuática es nula, lo que ocasiona condiciones de vida anaerobias, es decir, organismos que no utilizan oxígeno en su metabolismo.

Es importante señalar las aguas tan contaminadas que ha recibido el río durante mucho tiempo ha perdido la capacidad de diluir la conglomeración de contaminantes y se observa una composición hidrogeoquímica de agua residual.

## REFERENCIAS

- [1] Kazi T. et al (2009). Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72(2), 301-309.
- [2] Aguilar A. y Durán N. (2010). Conceptos de calidad del agua: un enfoque multidisciplinario. En Aguilar A. (ed.), *Calidad del agua en enfoque multidisciplinario* (pp.11-24). Instituto de Investigaciones Económicas.
- [3] Ibáñez E. (2016). Sen y los derechos humanos: La libertad como objeto material de los derechos humanos, en *Pensamiento*. *Revista de Investigación e Información Filosófica*, septiembre 72(274), 1119-1140.
- [4] Sen A. (2004). Elements of a theory of human rights. *Philosophy & Public Affairs* 32(4), 315-356.
- [5] Lermontov A. et al. (2011). A fuzzy water quality index for watershed quality analysis and management. En Broniewicz E. (ed.), *Environmental Management in Practice* (pp. 387-410). Intechopen.
- [6] Wen L. et al. (2011). Assessment of water quality in a subtropical Alpine Lake using multivariate statistical techniques and geostatistical Omapping: A case study. *International Journal Environmental Research Public Health* 15(8), 1126-1140.
- [7] Pineda C. et al (2022). Evaluación del impacto de la urbanización y el cambio climático sobre la recarga de aguas subterráneas y el balance hidrológico en la sub-cuenca del río Turbio. Guanajuato.
- [8] González P. (2014). El río que nace en una presa. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado SAPAL. Comunicados de Prensa.
- [9] González E. (2019). Río Turbio: El Gran drenaje de Guanajuato. Recuperado: <https://notus.com.mx/rio-turbio-el-gran-drenaje-de-guanajuato/>
- [10] Ramos C. y Orozco M. (2020). Modelado de la producción de sedimentos en una cuenca con poca información incluyendo los potenciales efectos del cambio climático y el cambio de uso de suelo. *Acta universitaria* 30.
- [11] Arriaga M. (2022). Sin atención en 15 años, río Turbio distribuye metales pesados por Guanajuato. Recuperado: <https://periodicocorreo.com.mx/contaminacion-del-rio-turbio-lleva-15-anos-extendiendose-por-guanajuato/>
- [12] Esparza C. (2015). La contaminación del Río Turbio: Retos para el manejo sostenible de la cuenca hidrológica Lerma-Chapala. *Ciencia y Desarrollo*.
- [13] Saldaña M. (2023). Empresa contamina río Turbio y vecinos sufren afectaciones y no intervienen autoridades. 12 de abril. Recuperado: <https://www.am.com.mx/guanajuato/2023/4/12/empresa-contamina-rio-turbio-vecinos-sufren-afectaciones-no-intervienen-autoridades-655739.html>
- [14] Comisión Nacional de los Derechos Humanos. (2014). El Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento. Recuperado: <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-08/Derecho-Humano-Agua-PS.pdf>

# Erosión de arena sobre un recubrimiento polimérico de uso aeronáutico

Jorge I. Navarro Ospino<sup>1</sup>  
German L. García Monsalve<sup>2</sup>  
Nelson A. Vanegas Molina<sup>3</sup>  
*Universidad Nacional de Colombia, Colombia*

Los recubrimientos a base de polímeros compuestos tienen un amplio campo de acción en las industrias aeronáutica y aeroespacial. En este estudio se estimó cualitativamente la respuesta superficial del recubrimiento protector de la cúpula del fuselaje de un avión comercial, homólogo al Boeing 737 y al Airbus A320, ante la erosión de arena a diferentes ángulos de choque, velocidad y tamaños de partícula de 100 y 500 micras. Los Especímenes Compuestos de Cúpula ECC en forma de placas cuadradas fueron objetivo de un flujo abrasivo en una cabina de erosión de aire seco tipo chorro de arena (*sandblasting*). Los mecanismos de daño exhibidos por el recubrimiento se examinaron mediante la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido MEB, donde se observó que la morfología del área de superficie de impacto presentó desgaste y degradación micro-estructural durante un tiempo de exposición de 60 s a una distancia de 70 mm, con mecanismos de daño por erosión dúctil y frágil a ángulos de choque de 30° y 90° respectivamente. Los resultados obtenidos mostraron que la tasa de erosión incrementó en función de los factores de estudio; sin embargo, se identificó una fuerte relación entre los mecanismos de daño y el ángulo de choque.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Mecánico y Estudiante de Maestría en Ingeniería Mecánica. Contacto: [jnavarro@unal.edu.co](mailto:jnavarro@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Mecánico, Magíster Ingeniería y Doctor en Ingeniería. Contacto: [lgarcia@unal.edu.co](mailto:lgarcia@unal.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Mecánico y Magíster Ingeniería Mecánica. Contacto: [nvanegas@unal.edu.co](mailto:nvanegas@unal.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

Los Compuestos y Nanocompuestos de Matriz Polimérica CNMP son los materiales del siglo XXI. Su buena resistencia a la erosión y facilidad de fabricación y producción de estructuras ligeras y recubrimientos de protección les permiten un amplio uso en la industria aeronáutica y aeroespacial. En este sector los CNMP son materiales en creciente demanda en comparación con los materiales metálicos, esto se debe a sus propiedades fisicoquímicas, mecánicas, térmicas y biodegradables superiores.

Adicionalmente, características intrínsecas y conferidas como la alta rigidez, dureza, resistencia a la fatiga mecánica y térmica, resistencia al impacto y al rayado, tenacidad a la fractura, baja absorción solar, resistencia a la radiación y conductividad térmica, son algunos de los atributos que incrementan el consumo masivo de estos materiales en la manufactura de sustratos y recubrimientos anti-desgaste de aeronaves y vehículos espaciales [1-4].

Los avances y mejoras tecnológicas de los CNMP en aplicaciones de recubrimientos protectores de buena respuesta ante el desgaste erosivo y la degradación mecánica son cada vez más notorios, no obstante, se ha observado que los revestimientos poliméricos exhiben una mejor resistencia a la Erosión de Partículas Sólidas SPE, en comparación con los materiales metálicos [5, 6]; además, sin embargo los CNMP son utilizados como escudos anti-erosión sobre estructuras compuestas como las cúpulas del fuselaje de aviones, obteniendo una aceptable resistencia ante la SPE, pero a su vez reduciendo el peso del componente y dotándolo de ventajas excepcionales en su funcionalidad.

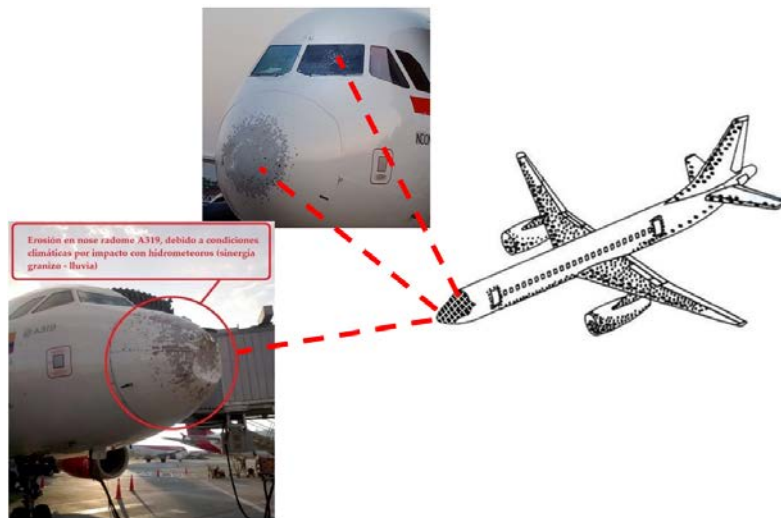
La SPE surge en la aviación como un problema de desgaste superficial. Este fenómeno de degradación microestructural se caracteriza por la remoción progresiva de material e incluso la modificación de la geometría de los perfiles de potencia y sustentación [7-9]. Las causas más comunes de este fenómeno de desgaste erosivo son las inhalaciones y las colisiones repetidas con partículas de arena [10], cenizas volantes [11], cenizas volcánicas, residuos de polvo atmosférico [12], granizo [13], que son transportados por las corrientes de aire [14], a velocidades relativamente altas e impactan las superficies expuestas.

En consecuencia, la influencia representativa de la tasa de desgaste erosivo está asociada a las condiciones de impacto como, la velocidad de partícula, el ángulo de choque, las propiedades de la  $\text{SiO}_2$ , tales como su tamaño y morfología, las propiedades del material objetivo, entre otras [15, 16].

La erosión por arena es un proceso tribológico que afecta con frecuencia aplicaciones aeronáuticas como los álabes del estator de las etapas de compresión, las palas del ventilador de los motores a reacción, los alabes de las turbinas [17], reduciendo su eficiencia y rendimiento operativo, generando el aumento del consumo energético y de combustible de los motores de aviación [18-20]. Sin embargo, sectores como el parabrisas y la cúpula del radar de la nariz del fuselaje sufren la mayor concentración de colisiones de alta velocidad [21] como se aprecia en la Figura 1.

Los recubrimientos en poliuretano han demostrado ser materiales que exhiben una notable ventaja de resistencia a la erosión de arena [22]. Investigaciones han demostrado que la aplicación de este tipo de recubrimientos prolonga la vida funcional y operativa de las estructuras aeronáuticas. Películas protectoras como las botas de poliuretano han arrojado resultados positivos relacionados a la reducción significativa de la tasa de erosión de componentes de aviación como el cono de nariz del fuselaje o cúpula del radar [23].

Es clave, que para mejorar el comportamiento de resistencia a la erosión de arena de los recubrimientos poliméricos de las cúpulas de fuselaje de aviones, es necesario tener un amplio conocimiento de la configuración estructural, dimensión de los espesores del sistema multicapa, los entornos y condiciones ambientales del servicio de vuelo, los parámetros de erosión como la velocidad de partícula, el ángulo de choque, las propiedades de las partículas de arena, las propiedades de los recubrimientos y la identificación de los mecanismos de remoción de material, lo que posibilita una gran probabilidad de éxito en la concepción, técnicas de fabricación y selección adecuada de los materiales para el desarrollo e implementación del recubrimiento anti-desgaste más apropiado en los vehículos de vuelo.

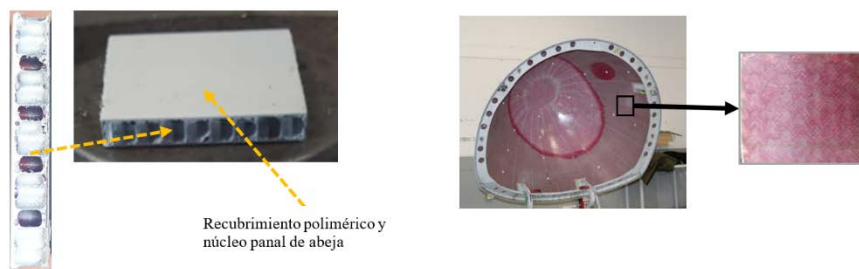


**Figura 1.** Aeronave comercial de Indonesia AirAsia A320-200 impactados por granizo en el descenso del vuelo hacia Jogjakarta (Indonesia - 16-11-2018) y avión comercial colombiano A319 impactado por lluvia de granizo. Fracturas en el parabrisas y desgaste erosivo del recubrimiento protector de la cúpula de nariz de ambas aeronaves [24]

## 2. MÉTODO

### 2.1 Materiales

Las muestras de erosión o Especímenes Compuestos de Cúpula ECC están compuestas por una estructura tipo *sándwich* con núcleo en fibra de vidrio con forma de nido de panal de abeja (Figura 2). Los ECC fueron proporcionadas por una empresa aeronáutica colombiana.



**Figura 2.** A la izquierda una muestra de erosión o ECC. A la derecha la parte posterior de un ECC de cúpula de radar de un avión comercial

### 2.2 Configuración del recubrimiento protector

Cuatro capas de pintura a base de poliuretano conforman el recubrimiento como se aprecia en la Tabla 1. Cada capa representa un tipo de pintura con propiedades y funciones diferentes dentro del sistema.

**Tabla 1.** Configuración del sistema de recubrimiento de los ECC

Capa	Descripción
1	Sustrato
2	Película adhesiva
3	Pintura P-1
4	Pintura P-2
5	Pintura P-3
6	Pintura P-4

### 2.3 Factores controlables

Los parámetros de erosión que se utilizaron para esta investigación fueron la velocidad de partícula, el ángulo de choque y el tamaño de partícula. Adicionalmente, dos tipos de morfología de  $\text{SiO}_2$  fueron consideradas sobre el comportamiento de los mecanismos de daño del área de superficie de impacto.

### 2.3.1 Estimación de la velocidad de partícula

El cálculo de la velocidad del aire a la salida de la boquilla interna, según las ecuaciones (1) a (4), se obtuvo mediante teorías y conceptos de la aerodinámica, la mecánica de fluidos y la termodinámica, donde el fluido se consideró como un gas ideal y el flujo de este como adiabático. Además, se despreció el efecto de fricción entre la superficie de la pared interior de las boquillas con las corrientes del flujo de aire [25-27].

$$M = \left\{ \frac{2}{R_{aire}^{-1}} \left[ \left( \frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{\left( \frac{R_{aire}^{-1}}{R_{aire}} \right)} - 1 \right] \right\}^{1/2} \quad (1)$$

$$M = \frac{V_{aire}}{c} \quad (2)$$

$$c = (kR_{aire}T)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$V_{aire} = (kR_{aire}T)^{\frac{1}{2}} \left\{ \frac{2}{R_{aire}^{-1}} \left[ \left( \frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{\left( \frac{R_{aire}^{-1}}{R_{aire}} \right)} - 1 \right] \right\}^{1/2} \quad (4)$$

Donde:

$V_{aire}$ : velocidad de flujo de aire de la boquilla interna

$M$ : número de Mach

$c$ : velocidad sónica local

$R_{aire}$ : constante del gas (aire)

$P_{abs}$ : presión absoluta [28]

$P_{atm}$ : presión atmosférica

$k$ : exponente adiabático del aire

$T$ : temperature absoluta en K

La estimación del flujo o caudal másico de aire se logra a partir de la siguiente ecuación (5).

$$m_{aire} = \rho_{aire} V_{aire} A_{boq-in} = \frac{\pi}{4} \rho_{aire} V_{aire} d_{boq-in}^2 \quad (5)$$

Para el cálculo de la velocidad de partícula a la salida de la boquilla exterior, se utilizó la ley de conservación del momento lineal y la ecuación (6) derivada de Wang et al [26].

$$V_p(m_{aire} + m_p) = m_{aire} V_{aire} \quad (6)$$

Donde:

$V_p$ : velocidad de partícula

$m_{aire}$ : flujo másico del aire

$m_p$ : flujo másico de partículas

$\rho_{aire}$ : densidad del aire

$A_{boq-in}$ : área de la sección transversal de la boquilla interna

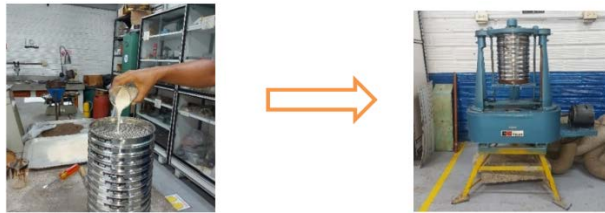
$d_{boq-in}$ : diámetro de la boquilla interna

### 2.3.2 Caracterización del tamaño de partícula

La distribución granulométrica del tamaño de la arena  $SiO_2$  se obtuvo mediante tamices en el Laboratorio de Arenas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Este sistema de tamices permitió obtener un tamaño característico promedio de partícula de 100 y 500 micras como se observa en la Figura 3.

### 2.3.3 Ángulo de choque

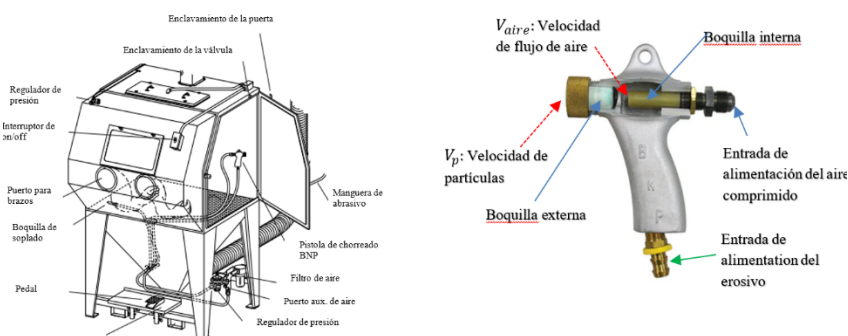
Este parámetro de erosión se seleccionó de acuerdo con la revisión del estado del arte de la SPE. Numerosos artículos indican que los ángulos de choque de 30° y 90° son condiciones críticas que caracterizan los mecanismos de daño por erosión [29-32].



**Figura 3.** A la izquierda sistemas de tamices y a la derecha la máquina Tyler (Laboratorio de Arenas, Universidad Nacional de Colombia)

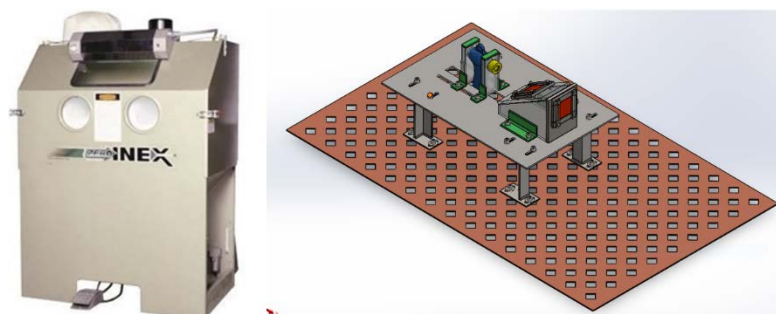
## 2.4 Prueba de erosión

La máquina de erosión INEX 3048, ubicada en las instalaciones del taller industrial de las Empresa Públicas de Medellín EPM, Colombia, está configurada, como se aprecia en la Figura 4 a),. Este equipo de prueba consta de una línea de suministro de aire seco comprimido, una cabina de erosión y una pistola BNP que consta de una entrada de alimentación de aire comprimido y otra entrada en la parte inferior del mango por donde se alimenta el material erosivo, como se observa en la Figura 4 b).

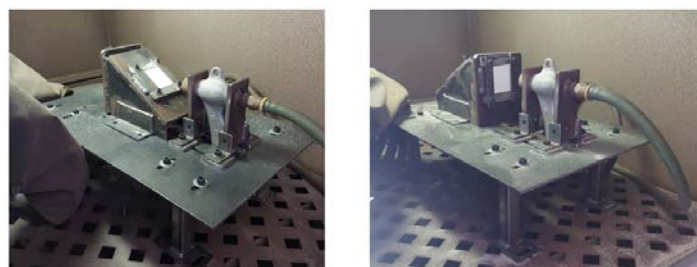


**Figura 4.** a) Máquina de erosión INEX 3048 [33], b) Pistola BNP de explosión de aire

Además de una plataforma porta-muestras diseñada y fabricada para la ubicación de los ECC (Figura 5), a diferentes ángulos de choque, como se muestra en la Figura 6. Este equipo permitió evaluar las características de erosión del recubrimiento mediante la medición y control de los factores de estudio.

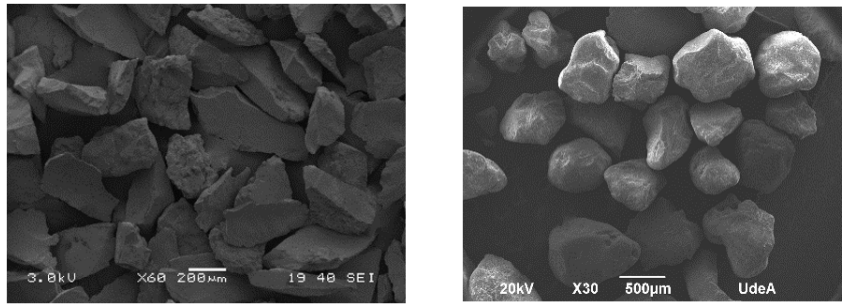


**Figura 5.** a) Máquina de erosión INEX 3048R [34], b) CAD de la plataforma porta-muestras



**Figura 6.** Plataforma para porta-muestras a ángulos de choque de 30° y 90°

Los ECC de dimensiones de 50 mm x 50 mm x 8 mm fueron erosionados mediante un flujo bifásico de aire y  $SiO_2$  de un tamaño característico promedio de 100 y 500 micras (Figura 7), a velocidades de partícula de 81 y 63  $ms^{-1}$ . Para la estimación de la tasa de erosión se utilizó la ecuación (7) [2].



**Figura 7.** Micrografías MEB de partículas SiO<sub>2</sub> de diámetro promedio de 100 y 500 µm, usadas en la prueba de erosión

$$T_E = \frac{(masa_{i-rec} - masa_{f-rec})}{(m_p * t_{prueba})} \text{ (mg/mg)} \quad (7)$$

Donde  $T_E$ ,  $masa_{i-rec}$ ,  $masa_{f-rec}$ ,  $m_p$ , y  $t_{prueba}$  son respectivamente la tasa de erosión (mg/mg), la masa inicial y final del recubrimiento (mg), la tasa de alimentación del erosivo (mg/s) y el tiempo de exposición al flujo abrasivo (s).

En la Tabla 2, se pueden observar las condiciones de operación de las pruebas de erosión.

**Tabla 2.** Condiciones de operación de las pruebas de erosión

Condición de operación	Unidad	Valor
Partícula erosiva SiO <sub>2</sub>	-	Arena de sílice
Masa promedio de erosivo	g	10
Tasa o caudal de alimentación del erosivo	g/s	0,167
Densidad del erosivo	kg/m <sup>3</sup>	2650
Tiempo promedio de prueba	s	60
Distancia de impacto	mm	70
Diámetro boquilla externa	mm	14
Diámetro boquilla interna	mm	10
Longitud boquilla interna	mm	24,5
Presión relativa del aire	Mpa	0,4136 - 0,6895
Presión atmosférica local	Mpa	0.085
Temperatura ambiente promedio	°C	22

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

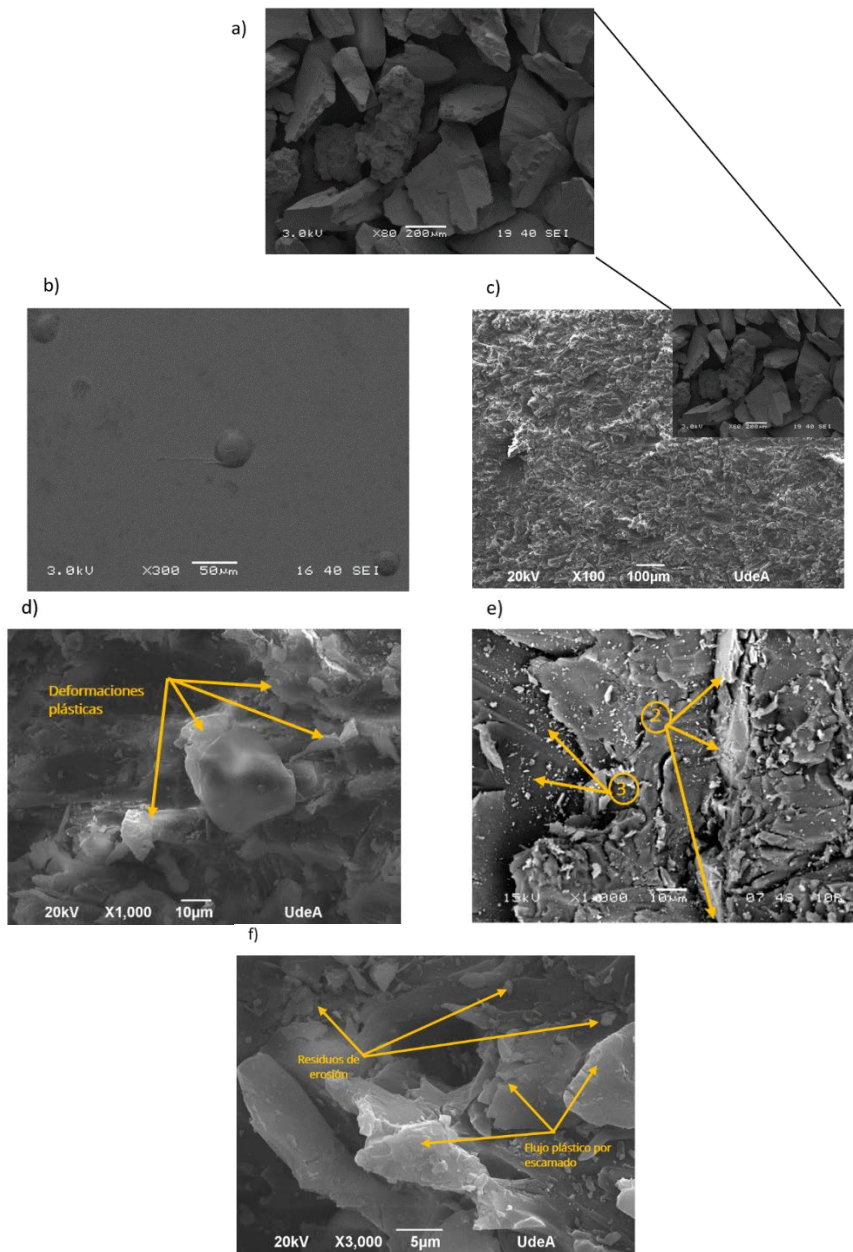
#### 3.1 Área de superficie de impacto

Superficie de los ECC que comprenden la huella o marcas apreciadas después del proceso erosivo. En este cambio de morfología superficial, se observó y analizó cualitativamente mediante microscopía MEB los mecanismos de daño sobre el recubrimiento protector.

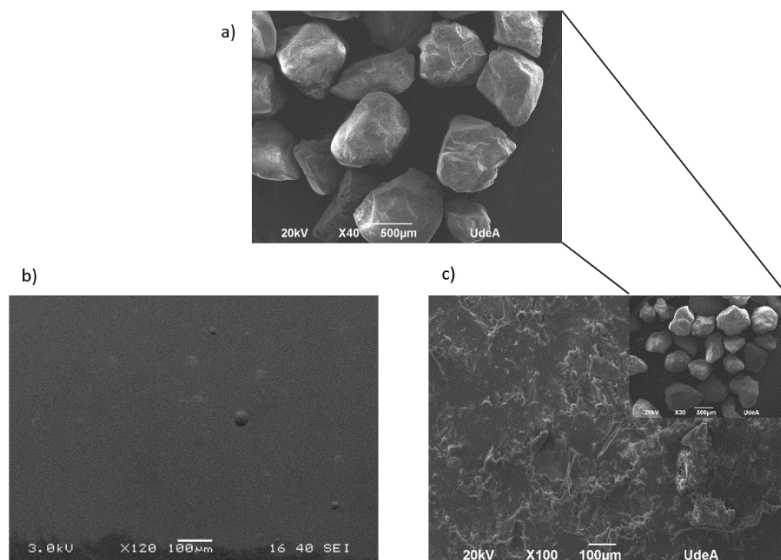
#### 3.2 Mecanismos de daño del recubrimiento protector

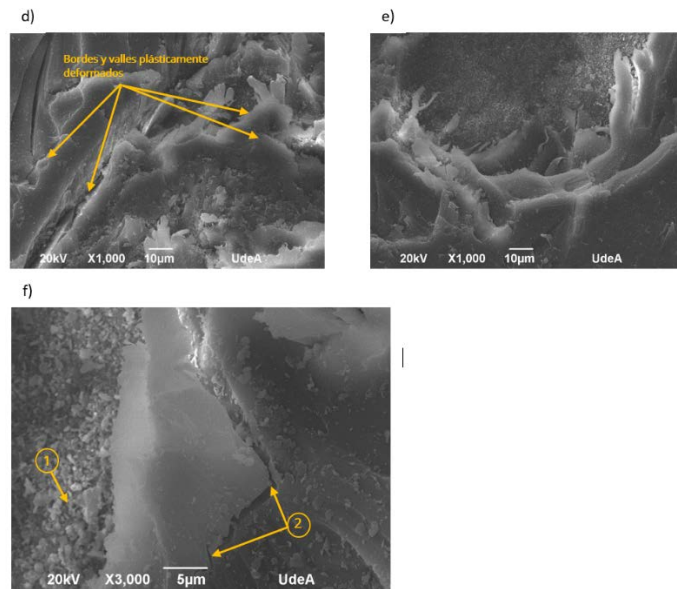
Las capas del recubrimiento multicapa a base de pinturas de poliuretano termoplástico esta dispuesto sobre la superficie de un sustrato compuesto tipo *sándwich*. Los resultados obtenidos mediante la prueba de erosión de arena y la técnica de microscopia MEB sobre los especímenes No. ECC-2, ECC-29, ECC-31 y ECC-32, se pueden observar en las Figuras 8 a 11; fue la identificación de mecanismos de erosión dúctil, con predominio de microcorte en forma de escamas, exhibiendo bordes de material por deformación plástica alrededor del punto de incidencia.

Además, se incremento la pérdida de recubrimiento y la tasa de EPS con el aumento de la velocidad de partícula y el ángulo de choque a 30°. La ECC-29 que fue erosionada por partículas de SiO<sub>2</sub> con forma redondeada (obtusa) de 500 µm a un ángulo de 30° mostro un mecanismo de daño dúctil con deformación plástica con flujo ondular predominate, pero con menor remoción de recubrimiento con respecto a la morfología angular.

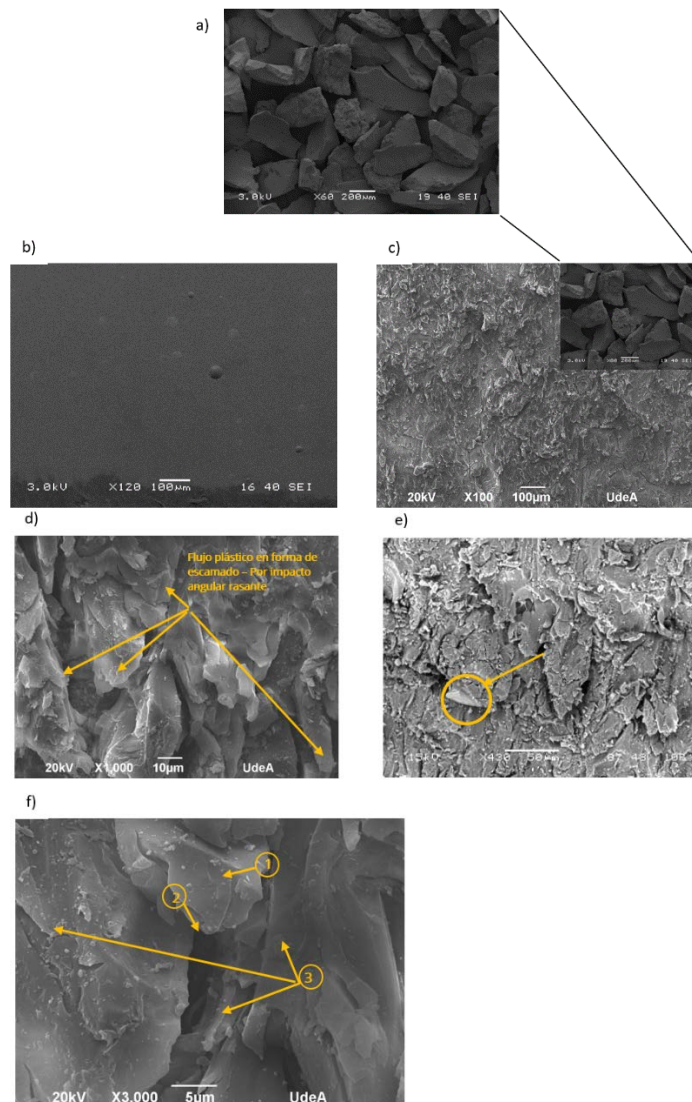


**Figura 8.** Micrografías MEB – ECC No. 2 a un ángulo de choque de  $30^\circ$  y velocidad de partícula de  $63 \text{ ms}^{-1}$ : a) partículas de  $\text{SiO}_2$  de  $100 \mu\text{m}$  de perfil angular, b) recubrimiento protector original, c) mecanismo de daño de erosión dúctil, d) deformación plástica predominante por micro-corte, e) micrografía MEB-detector de retro-dispersados, que muestra partículas de  $\text{SiO}_2$  incrustadas en la superficie, f) deformación plástica en forma de escamas y residuos de erosión

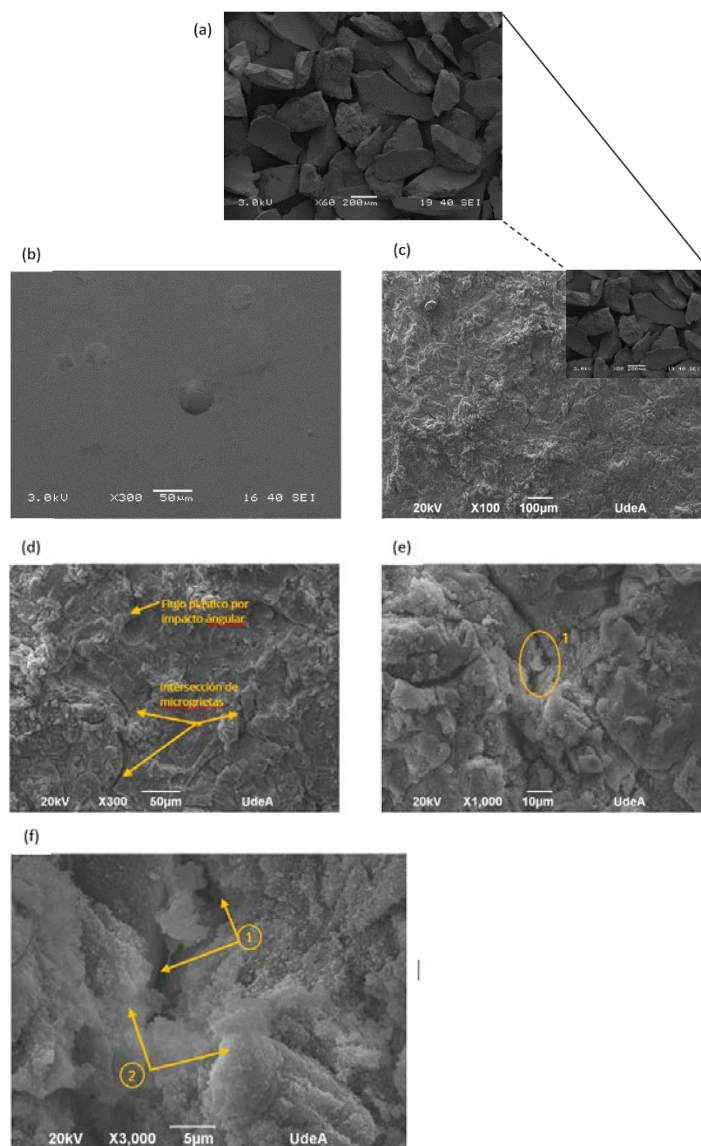




**Figura 9.** Micrografías MEB – ECC No. 29 a un ángulo de choque de 30° y velocidad de partícula de 81m/s: a) partículas de SiO<sub>2</sub> de 500 μm de perfil redondeado [35], b) recubrimiento protector original, c) ángulo de choque de 30°, d) y e) bordes de recubrimiento por deformación plástica, f) 1- residuos de desgaste erosivo, 2- micro-desprendimiento de capa del recubrimiento por alta energía cinética de impacto



**Figura 10.** Micrografías MEB – ECC No. 31 a un ángulo de choque de 30° y velocidad de partícula de 81ms<sup>-1</sup>: a) partículas de SiO<sub>2</sub> de 100 μm de perfil angular, b) recubrimiento protector original, c) mecanismo de erosión dúctil, d) microcorte y formación de bordes de material removido, e) partículas de SiO<sub>2</sub> embebidas, f) 1 y 3 – deformación plástica en forma de escamas, 2- extensión del flujo de material removido plásticamente



**Figura 11.** Micrografías MEB – ECC No. 32 a un ángulo de choque de 90° y velocidad de partícula de 81 ms<sup>-1</sup>: a) partículas de SiO<sub>2</sub> de 100 μm de perfil angular, b) recubrimiento protector original, c) mecanismo de erosión frágil, d) Intersección de grietas y flujo plástico de material, e) detalle de intersección de grietas, f) micro-pulverización del recubrimiento por alta energía cinética de impacto

La muestra ECC No. 32 exhibió una respuesta de erosión frágil con remoción de recubrimiento mediante la formación y la intersección de grietas [35]. La presencia de iniciación y extensión de grietas en el recubrimiento protector se hacen más evidentes en el ECC-32 principalmente por el impacto perpendicular a la superficie (impacto normal).

Finalmente, las características de erosión como la pérdida de masa y la tasa de erosión del recubrimiento protector de la cúpula del fuselaje aeronáutico, se muestran en la Tabla 3, donde los datos pueden ser correlacionados y muestran la coherencia con los análisis de imagen química de las superficies erosionadas.

**Tabla 3.** Resultados de pérdida de recubrimiento y tasa de SPE de los ECC erosionados

ECC	Masa inicial recubr [mg]	Masa final recubr [mg]	Masa sustrato ECC [mg]	Tiempo prueba [s]	Pérdida masa recubr [mg]	Tasa erosión [mg/mg]	Parámetros de erosión		
							A	B	C
							Velocidad partícula [ms]	Ángulo choque [°]	Tamaño partícula [μm]
2	1237,71	1225,11	9351,79	60	12,60	0,0013	63	30	100
26	1196,45	1189,95	9953,85	60	6,50	0,0006	81	90	500
31	1278,97	1257,47	9502,63	60	21,50	0,0021	81	30	100
28	1237,71	1230,61	9836,39	60	7,10	0,0007	63	90	500
32	1196,45	1184,65	8954,05	60	11,80	0,0012	81	90	100



29	1196,45	1181,05	9102,05	60	15,40	0,0015	81	30	500
27	1155,20	1148,90	9355,10	60	6,30	0,0006	63	90	100
25	1155,20	1148,50	9505,90	60	6,70	0,0007	63	30	500

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la revisión del estado del arte relacionado con el fenómeno de erosión por arena, la velocidad de partícula, el ángulo de choque y el tamaño de partícula, son factores que inciden de manera significativa en la pérdida de masa y, por consiguiente, en el incremento de la tasa de desgaste erosivo de los recubrimientos y sustratos subyacentes.

Es importante que cada espesor de los tipos de pintura que hacen parte del recubrimiento multicapa de las cúpulas del fuselaje, sean los recomendados por el proveedor.

La identificación y comprensión de los mecanismos básicos de erosión exhibidos por el recubrimiento proporcionan información que puede ser de utilidad para futuros ajustes de diseño y potenciar las propiedades mecánicas de este.

El incremento en la pérdida de masa y la tasa de erosión del recubrimiento se ve influenciada mayormente por los factores ángulo de choque y velocidad de partícula.

Para óptimos resultados al evaluar y validar la tasa de erosión de los materiales antidesgaste, es importante que exista un protocolo experimental riguroso, un método o técnica experimental acorde y económica, además de instalaciones y equipos de prueba que permitan una correcta medición y control de las condiciones operativas de prueba.

El sector aeronáutico y aeroespacial debe invertir en nuevas tecnologías que permitan la concepción y fabricación de recubrimientos de protección biodegradables que armonicen esta industria con el medio ambiente.

Las películas o botas de poliuretano son un elemento de protección superficial de las cúpulas de nariz de aviones con resultados positivos contra la erosión aérea; además, de su fácil y rápida instalación.

La degradación micro-estructural y la morfología de erosión de la superficie del recubrimiento de los ECC, se correlaciona principalmente con el ángulo de choque y la geometría del material erosivo.

Para la aplicación óptima de recubrimientos protectores en el sector de la aviación comercial, es necesario contar con instalaciones de ambiente controlado y realizar a cabalidad los procedimientos exigidos por norma. No se deben utilizar materiales de diferentes proveedores, a menos que estos hayan sido evaluados con igual o mayor exigencia y avalados por el fabricante/proveedor de aeronaves y la Administración Federal de Aviación FAA.

## REFERENCIAS

- [1] Rathod V. et al. (2017). Polymer and ceramic nanocomposites for aerospace applications. Materials Science Division.
- [2] Boggarapu V. et al. (2020). A critical review on erosion wear characteristics of polymer matrix composites. Materials Research Express.
- [3] Arif M. et al. (2017). Advanced composite material for aerospace application - A review. International Journal of Engineering and Manufacturing Science 7(2), 393-409.
- [4] Miyazaki N. (2016). Solid particle erosion of composite materials: A critical review. Journal of Composite Materials 50(23), 3175-3217.
- [5] Friedrich K. et al. (2013). Specific erosive wear rate of neat polymer films and various polymer composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites 32(9), 631-643.
- [6] Ajaz D. y Sekher C. (2020). Experimental and computational analysis of the erosion behaviour of unidirectional glass fiber epoxy composites. Wear, 1-16.
- [7] Gohardani O. (2011). Impact of erosion testing aspects on current and future flight conditions. Aerospace Science United Kingdom.
- [8] Tilly G. (1969). Sand erosion of metals and plastics: A brief review. Elsevier.
- [9] Alqallaf J. et al. (2020). Solid particle erosion behaviour and protective coatings for gas turbine compressor blades - A Review. Processes 8, 984-997.
- [10] Cao X. et al. (2019). Sand erosion resistance improvement and damage mechanism of  $TiAlN$  coating via the bias-graded voltage in FCVA deposition. Surface & Coatings Technology.
- [11] Fayez A. et al. (2014). Erosion of an axial transonic fan due to dust ingestion. American Journal of Aerospace Engineering 2(1-1), 47-63.
- [12] Jeyaguru S. et al. (2022). Solid particle erosion, water absorption and thickness swelling behavior of intra ply Kevlar/PALF fiber epoxy hybrid composites - Polymer composites. Inspiring plastics professionals.
- [13] Souter R. y Emerson J. (1952). Summary of available hail literature and the effect of hail on aircraft in flight. Langley Aeronautical Laboratory.
- [14] Finni I. (1960). Erosión of surfaces by solid particles. Shell Development Company.
- [15] Hufnagel M. et al. (2018). Experimental and numerical investigation of the mechanical and aerodynamic particle size effect in high-speed erosive flows. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power 140.
- [16] Srivastava V. y Pawar A. (2006). Solid particle erosion of glass fiber reinforced flyash filled epoxy resin composites. Composites Sciences and Technology.
- [17] Yaer X. (2019). Surface deformation micromechanics of erosion damage at different angles and velocities for aero-engine hot-end components. Wear 426, 527-538.
- [18] Bai X. et al. (2020). Study of solid particle erosion on helicopter rotor blades surfaces. Applied Sciences.
- [19] Bousser E. et al. (2014). Solid particle erosion mechanisms of protective coating for aerospace applications. Surface & Coatings Technology.
- [20] Patnaik A. et al. (2010). Solid particle erosion wear characteristics of fiber and particulate filled polymer composites: A review. Wear.
- [21] Sause M. y Jasiūnienė E. (2021). Structural health monitoring damage detection systems for aerospace. Springer.
- [22] Elleuch R. et al. (2007). Tribological behavior of thermoplastic polyurethane elastomers. Materials and Design 28, 824-830.
- [23] Silva R. y Rezende M. (2003). Erosão em Compósitos à Base de Fibras de Vidro/Kevlar e Resina Epóxi de uso Aeronáutico. Ciência e Tecnologia 13(1), 79-86.
- [24] Herald. (2023). The Aviation Herald. Incidente: Indonesia AirAsia A320 en Jogjakarta el 16 de noviembre de 2018, huelga de granizo. Recuperado: <http://avherald.com/h?article=4c07f42a>
- [25] Mott R. (2006). Mecánica de fluidos. Pearson.
- [26] Wang Z. et al. (2019). On the predictive modelling of machined surface topography in abrasive air jet polishing of quartz glass. International Journal of Mechanical Sciences 152, 1-18.
- [27] Abdullah F. (2020). Solid particle erosion of graphene-based coatings. Wear.
- [28] EPM. (2023). Condiciones atmosféricas de temperatura y presión Municipios atendidos con el servicio de gas natural. Empresa Públicas de Medellín.
- [29] Fan J. et al. (2011). A study of the flow characteristics in micro-abrasive jets. Experimental Thermal and Fluid Science 35, 1097-1103.
- [30] Li J. y Hutchings I. (1990). Resistance of cast polyurethane elastomers to solid particle erosion. Wear.
- [31] Liu Y. et al. (2022). Effect of morphology, impact velocity and angle of the  $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$  (CMAS) Particle on the Erosion Behavior of Thermal Barrier Coatings (TBCs): A Finite Element Simulation Study. Coatings 12, 576-589.
- [32] Finnie I. y McFadden D. (1977). On the velocity, dependence of the erosion of ductile metals by solid particles at low angles of incidence. University of California.
- [33] Clemco. (2017). BNP 65 y BNP 220 Cabinas de succión para chorreado. Clemco Industries Corp.

- [34] Clemco. (2007). Catalogo Zero Blast Cabinets. Clemco Industries Corp.
- [35] Hutchings I. y Shipway P. (2017). Friction and wear of engineering materials. Tribology. Elsevier.

# Rediseño de un equipo de desgaste abrasivo para evaluar la durabilidad de materiales viales estabilizados

Nathalia Marín-Pareja<sup>1</sup>

Camilo Rodríguez Salcedo<sup>2</sup>

Ramiro Isaza Escobar<sup>3</sup>

Fabio Bahos Narvaez<sup>4</sup>

Eliana Llano<sup>5</sup>

Gloria Restrepo<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 5, 6</sup> *Universidad de Antioquia*

<sup>1, 3, 4</sup> *Servicio Nacional de Aprendizaje*  
Colombia

En el ámbito de la infraestructura vial el desgaste superficial de los materiales se asocia al deterioro de la capa de rodadura por la pérdida gradual de partículas superficiales, debido al contacto con las llantas de los vehículos, la acción de agentes climáticos como la lluvia y el sol, y la acumulación de cargas repetidas en la carretera. Para evaluar la resistencia al desgaste por abrasión se han desarrollado diferentes métodos y establecido normas técnicas de acuerdo con el campo de aplicación del material. El método de prueba comúnmente utilizado para determinar la durabilidad de materiales viales estabilizados es la prueba de cepillado húmedo/seco. Este trabajo presenta el desarrollo mecatrónico del rediseño de un equipo de desgaste por abrasión para evaluar la durabilidad de materiales viales estabilizados. Se construyeron dos prototipos en materiales de prueba para hacer ensayos de validación a nivel funcional, estructural, ergonómico, de seguridad y de cumplimiento del desgaste uniforme de los especímenes del material a evaluarse, así como del soporte para el peso que requiere la prueba. Se implementó un sistema de control electrónico del equipo, que permite controlar número de vueltas o tiempo del ensayo, así como un paro automático que actúa una vez alcanza el número de vueltas o el tiempo programados. Se realizaron pruebas de validación, tanto del diseño mecánico, como del sistema de control electrónico, y a su vez se evaluaron tres configuraciones de sistemas de desgaste que brindan versatilidad a la prueba, ampliando el ámbito de su uso de acuerdo con la tipología del material y la naturaleza química del estabilizante. Los aspectos innovadores de este trabajo parten de la introducción de un sistema de control de giros, junto con el panel de control para la máquina, gracias al sensor de efecto Hall, así como la incorporación de diferentes sistemas de desgaste que permitan ampliar la versatilidad de la prueba. Desde la parte electrónica la propuesta se hace con un sistema de control con micro-controlador, el cual es simple en el circuito PCB en comparación con otras alternativas más complicadas. La integración del diseño mecánico e instrumentación de control del equipo de desgaste abrasivo permitió incorporar mejoras a nivel funcional, estructural, ergonómico, estético, de seguridad y de cumplimiento del desgaste uniforme de los especímenes de los materiales viales estabilizados.

---

<sup>1</sup> Ingeniera de Materiales y Doctora en Ciencias. Contacto: [nathalia.marinp@udea.edu.co](mailto:nathalia.marinp@udea.edu.co)

<sup>2</sup> Estudiante Ingeniería Mecánica. Contacto: [camilo.rodriguez1@udea.edu.co](mailto:camilo.rodriguez1@udea.edu.co)

<sup>3</sup> Diseñador Industrial e Ingeniero Mecánico. Contacto: [rizasa@sena.edu.co](mailto:rizasa@sena.edu.co)

<sup>4</sup> Ingeniero Físico y Magíster en Ingeniería Eléctrica. Contacto: [fabahosn@sena.edu.co](mailto:fabahosn@sena.edu.co)

<sup>5</sup> Ingeniera Química, Ingeniera Industrial y Doctora en Ingeniería de Materiales. Contacto: [eliana.llano@udea.edu.co](mailto:eliana.llano@udea.edu.co)

<sup>6</sup> Ingeniera Química y Doctora en Ciencias Químicas. Contacto: [gloria.restrepo1@udea.edu.co](mailto:gloria.restrepo1@udea.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la tribología, el desgaste superficial es un daño inducido mecánicamente cuya consecuencia es la eliminación progresiva de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo. El desgaste abrasivo es la pérdida de material por la interacción de partículas o protuberancias duras con superficies más blandas, que tienden a cortar o remover material de la superficie. La manera en que el material se separa o la superficie de sufre deformación se denomina mecanismo de desgaste [1, 2].

En el ámbito de la infraestructura vial, el desgaste superficial de los materiales se asocia al deterioro de la capa de rodadura por la pérdida gradual de partículas superficiales debido al contacto con superficies en movimiento. El desgaste superficial en suelos de carreteras se refiere al deterioro gradual de la capa superior de un camino debido a factores como el tráfico vehicular, las condiciones climáticas y otros agentes externos. Este desgaste puede manifestarse en forma de grietas, baches, pérdida de textura y pérdida de agarre en la superficie de la vía. El desgaste superficial puede ser causado por la abrasión de los neumáticos de los vehículos, la acción de agentes climáticos como la lluvia y el sol, y la acumulación de cargas repetidas en la carretera [3, 4].

Un método de ingeniería empleado en el mejoramiento geotécnico de suelos viales es la estabilización química; proceso mediante el cual el suelo se somete a un tratamiento con productos químicos para mejorar sus propiedades ingenieriles. Estos métodos aprovechan los suelos *in situ*, con lo cual se reduce o elimina la explotación de recursos naturales y el costo de transporte de materiales al utilizarse solo materiales locales [5, 6]. Las tecnologías de estabilización química de suelos viales, se han venido convirtiendo en soluciones alternativas para el mejoramiento de superficies de rodadura de caminos rurales, vías de bajos volúmenes de tránsito y carreteras no pavimentadas. Dadas sus condiciones, estos caminos son particularmente sensibles a los efectos de la erosión y abrasión provocada por el agua superficial y el tránsito. A medida que aumenta la escasez de materiales de buena calidad para la construcción de carreteras, el uso de la estabilización química es cada vez más frecuente [7].

Sin embargo, es esencial garantizar que la durabilidad a largo plazo del material estabilizado sea suficiente para proporcionar la capacidad estructural requerida durante la vida útil de diseño del camino. En este sentido, los procesos de estabilización deben cumplir con un tiempo de durabilidad, proporcionando mejoras en los suelos en cuanto a resistencia al desgaste superficial, la degradabilidad, al deterioro causado por suelos expansivos, al régimen estacionario de lluvias que destruye o arrastra periódicamente las capas de grava que los caminos suelen tener y al régimen de sequías que segmenta el material arcilloso y genera nubes de polvo sobre la vía [8, 9].

Para evaluar la resistencia al desgaste por abrasión y la durabilidad de los materiales para usos viales, se han desarrollado diferentes métodos y se han establecido normas técnicas de acuerdo con el campo de aplicación del material. El ensayo de abrasión Cantabro (ASTM D7064) se utiliza para evaluar la resistencia al desgaste de agregados utilizados en la construcción de carreteras y pavimentos. La prueba simula las condiciones de desgaste que experimentaría el agregado en la carretera y determinaron las pérdidas por desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles en seco y en húmedo [10]. El método de abrasión en impacto en la máquina de los Ángeles (ASTM C 131, ASTM C 535) se utiliza para determinar la resistencia al desgaste y la calidad de agregados pétreos que se utilizan en la fabricación de concretos y asfaltos. La prueba estándar para la resistencia a la abrasión de superficies de concreto o mortero mediante el método de corte giratorio (ASTM C944-99, IT-CA-45), indica la resistencia relativa al desgaste del mortero y el concreto basándose en pruebas de muestras fabricadas o con núcleo. Este método de prueba se ha utilizado con éxito en el control de calidad del hormigón de carreteras y puentes sujetos a tráfico [11, 12].

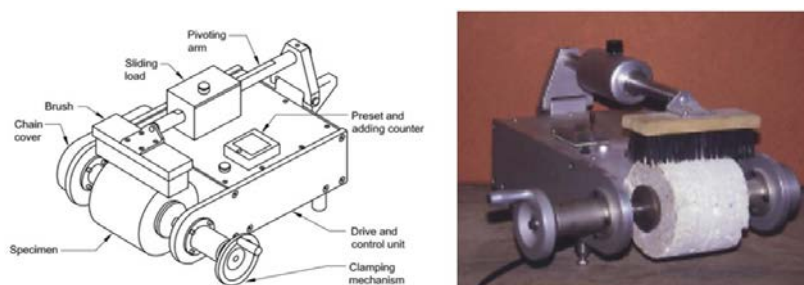
Con el fin de evaluar la durabilidad de materiales estabilizados, en Sudáfrica se desarrollaron pruebas de durabilidad y estándares técnicos para materiales de construcción de carreteras tratados con cemento. Los pavimentos flexibles con capas estabilizadas son un método de construcción popular en muchas zonas de Sudáfrica, por lo que este país ha acumulado una gran experiencia sobre los aspectos técnicos de la durabilidad de los materiales estabilizados; su normativa se ha convertido en un referente técnico mundial para este tipo de aplicaciones [13].

El método de prueba comúnmente utilizado para determinar la durabilidad de los materiales estabilizados es la prueba de cepillado húmedo/seco desarrollada por la Asociación de Cemento Portland y especificada por AASHTO T 135-97(2004) [14] y ASTM D559-03 [12] [15] y está incorporado en el manual de métodos de prueba de materiales de construcción de carreteras elaborado por el Departamento de Transporte de Sudáfrica [13]. Este método contempla el uso de un cepillo con cerdas de alambre planas gruesas, que se hace pasar de manera manual y vertical a lo largo de una probeta de suelo compactada en forma de cilindro, hasta cumplir con ciclos de ente dieciocho a veinte pasadas verticales para cubrir dos veces los lados de la muestra y cuatro pasadas en cada extremo, hasta alcanzar 12 repeticiones de esta acción (Figura 1).



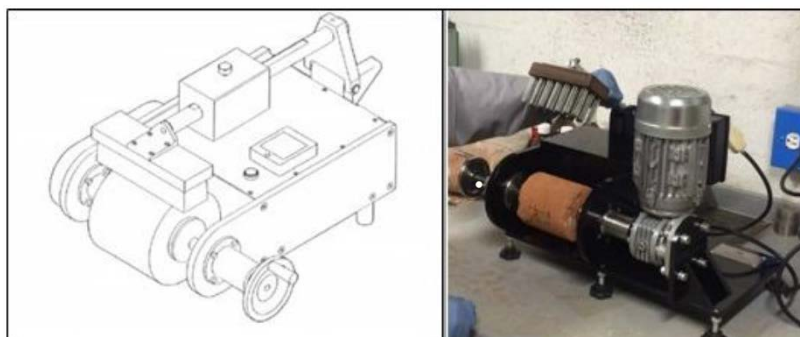
**Figura 1.** Cepillo norma ASTM D559-03 [12, 15]

La variabilidad en la prueba original causada por la incertidumbre en la repetibilidad y reproducibilidad del proceso de cepillado manual, fue eliminada mediante el uso de una técnica de cepillado mecánico, incorporado por la Oficina de Normas de Tanzania como Método de prueba - Determinación de la durabilidad húmedo-seco de compactados y especímenes curados de materiales cementados estabilizados, mediante cepillado mecánico (Figura 2) [16].



**Figura 2.** Equipo de desgaste superficial mecánico [16]

Con base en este modelo, los autores diseñaron y construyeron un equipo de cepillado mecánico semiautomático para la evaluación del desgaste superficial por abrasión y la durabilidad de suelos estabilizados químicamente para aplicaciones en infraestructura vial (Figura 3).



**Figura 3.** Equipo de desgaste superficial por abrasión

Este ensayo representa una manera de cuantificar la susceptibilidad al desgaste de un material por efectos de erosión, fricción o abrasión, y ofrece un indicativo de la resistencia al deterioro de diferentes materiales por causas asociadas al desgaste por abrasión superficial. La prueba simula el proceso continuado de desgaste en términos de la remoción y expulsión del material de una superficie sólida, con la consecuente pérdida de masa y volumen.

El principio básico del ensayo consiste en provocar la pérdida de material de un espécimen mediante esfuerzos constantes aplicados por un cepillo sobre la superficie del material; con movimientos lineales o rotacionales y con control de giros y tiempo, de acuerdo con la norma ASTM D559-03 y el modelo propuesto por Oficina de Normas de Tanzania, implementando modificaciones en su diseño y operación, de forma tal que pueda ser aplicado a especímenes de suelos aditivados con estabilizantes químicos tradicionales y no tradicionales. El ensayo permite determinar el índice de erosión del material IE, definido como la relación entre la masa perdida por el espécimen y la masa perdida por un material de referencia (AASHTO T135-76 vigente desde 1970) [17].

Luego de operar el equipo por varios años, se observaron algunos aspectos a mejorarse de carácter funcional, estructural, ergonómico, de seguridad y estético; por lo cual se planteó un rediseño enfocado en mejoras tanto en el sistema de desgaste como en el de deslizamiento y el sistema de protección del equipo. En este sentido, se establecieron objetivos para resolver la problemática del control de la cantidad de giros que hace el espécimen de prueba; la protección del usuario implementando guarda; la necesidad de concentración de las partículas que se desprenden de la probeta hacia el colector de las mismas, así como para implementar diferentes configuraciones de los elementos que proporcionan la fuerza de abrasión, para ampliar la versatilidad de la prueba, de acuerdo con la tipología de suelos y la naturaleza química del estabilizante.

## 2. MÉTODO

La planeación del diseño del equipo se realizó con base, por un lado a las especificaciones técnicas establecidas dentro de la norma ASTM D559-03, la cual abarcan los procedimientos para determinar las pérdidas de especímenes de suelo estabilizados con cemento a partir de desgaste manual con un cepillo de cerdas metálicas; por otro lado en la propuesta realizada por la Oficina de Normas de Tanzania, que implementó un equipo de cepillado mecánico semiautomático para la determinación de la durabilidad húmedo-seco de especímenes compactados y curados de materiales cementicios estabilizados.

En cuanto a la norma ASTM, se establecen las dimensiones que deben tener los especímenes de prueba, el tamaño del cepillo, la cantidad de cerdas que debe tener el cepillo, el material de las cerdas, y las especificaciones de número de veces que debe pasar el cepillo sobre el espécimen, así como el tiempo del ensayo y la fuerza que se debe ejercer en el par cepillo especie para generar el desgaste. Sin embargo, esta prueba es manual y no se puede garantizar que la fuerza ejercida sobre la probeta siempre es la misma, y a su vez será dependiente de la persona que realiza la prueba.

Por otro lado, el equipo propuesto por la Oficina de Normas de Tanzania, permite controlar mejor la fuerza ejercida sobre el espécimen, así como el número de vueltas y el tiempo del ensayo. La prueba consiste básicamente en tomar una probeta cilíndrica de suelo previamente estabilizado, sujetarla por presión en sus externos en un sistema con giros controlados, poner en contacto el cepillo o sistema de desgaste con la probeta, poner un peso fijo sobre el sistema de desgaste que simula una fuerza de desgaste constante, y poner a girar la probeta mientras el sistema de desgaste va generando fricción sobre esta y extrayendo material de su superficie. Como variables de medida del proceso se toman los valores de peso y dimensiones de las probetas cilíndricas antes y después del ciclo de desgaste.

Para el diseño del prototipo se desarrolló la metodología del Nigel Cross [18], en la cual se consideraron las siguientes etapas: Clarificar y definir objetivos, determinar las funciones y sus estructuras (forma), configurar requerimientos, determinar características, generar alternativas, evaluar alternativas y diseño conceptual del prototipo. Para el presente trabajo, solo se consideraron algunas de ellas.

### 2.1 Clarificación y definición de objetivos

En esta etapa se partió de un objetivo general y se dividió en diversos sub-objetivos o necesidades: *rediseño y construcción de equipo para pruebas de desgaste para evaluar la durabilidad de suelos viales estabilizados.*

1. Levantamiento de especificaciones de diseño según los criterios de desempeño y relación con el usuario
2. Establecer una velocidad de giro constante controlada mediante sistema de control on/off
3. Establecer referencia de número de vueltas o de tiempo requerido para la prueba
4. Visualización del número de vueltas o el tiempo transcurrido de la prueba
5. Establecer las constantes de carga necesarias para la prueba
6. Generar varios sistemas de desgaste que permitan establecer un estándar en las pruebas según los materiales a evaluar, tomando como referencia el sistema de desgaste establecido en la norma ASTM D559-03
7. Cerramiento del equipo que permita la protección del usuario, por manipulación indebida del equipo durante su funcionamiento, o por posibles residuos de material que se desprenden del espécimen evaluado

## 2.2 Establecimiento de funciones

Para poder medir, supervisar y controlar el proceso de desgaste y la fricción en la máquina, se necesita la interacción de varias áreas específicas de la mecatrónica en conjunto con la tribología: diseño mecánico, instrumentación electrónica, control de peso manual y sistema de desgaste. A partir de esto, se establecieron como entradas del proceso: funciones del operador, peso y dimensiones del espécimen a evaluar, sistema de sujeción del espécimen a evaluar, carga manual del peso, control de encendido, número de vueltas o tiempo requerido, conteo de vueltas transcurridas; y como variables de salida el peso y las dimensiones finales del espécimen evaluado, así como el control de apagado.

## 2.3 Configuración de requerimientos

En esta etapa se definieron los requerimientos necesarios sobre el funcionamiento y desempeño del equipo. Estos requerimientos se han dividido en:

1. Mecánica: Donde se especifican materiales y dimensiones generales.
2. Electrónica e instrumentación: Donde se detallan las condiciones de operación de sensores y el actuador. También se puntualizan las partes fundamentales que debe tener el interfaz humano máquina. Finalmente, se realiza el código de funcionamiento del microcontrolador.
3. Condiciones de operación: Donde se estipulan los aspectos generales de la prueba de desgaste.

Todos estos requerimientos del prototipo final se muestran en la Tabla 1. Estos datos se toman a partir de las necesidades del diseño, para así poder dividir estos requerimientos en partes, con la finalidad de abordar cada uno y dar una solución al problema de manera más simplificada y sistematizada. Estos requerimientos son los más generales para lograr el prototipo funcional.

**Tabla 1.** Requerimientos de diseño

Mecánica	
Componente	Descripción
Material	Polietileno alta densidad (PEHD)
	Acero HR cal 3/16"
Procesos de manufactura	Corte laser
	Maquinado CNC 3 ejes
	Impresión 3d
Aplicación de la carga	Dirección lineal al centro de la muestra, en el cuadrante superior
Carga máxima de operación para la prueba	5 kg
Color	Negro
Grado de protección contra sólidos del cerramiento	IP 5x
Manipulación por el usuario	Cepillos intercambiables sin requerimiento de herramientas
	Visor transparente
	Peso ajustable manualmente por pesos



Sistema de desgaste	Elementos de desgaste: papel abrasivo, lámina metálica dentada, cepillo metálico
	Dimensiones del marco que sujeta los diferentes elementos de desgaste: 84x59x 65 mm (ancho, profundidad, altura)
	Material del marco que sujeta los diferentes elementos de desgaste: Polietileno alta densidad (PEHD)
Electrónica e Instrumentación	
Componente	Descripción
Alimentación	110VAC - 0.01 Amperio
Salida alimentación sensores	5V - 0.2 Amperio
Módulos electrónicos	Microcontrolador ESP32, Pantalla OLED, optoacoplador, Relé
Transductores	Sensor encoder infrarrojo, encoder rotary
Protección	Corta picos y picos de corriente
Condiciones de operación	
Componente	Descripción
Revoluciones de giro de la muestra	60 rpm
temperatura de operación	20 - 25 °C
Tipo de prueba	Fricción seca
Tiempo de operación	Definida por el usuario
Numero de vueltas	Definida por el usuario
Carga de operación	5kg
Encendido y pagado	Interruptor de encendido y apagado manipulado por el usuario
Tamaño máximo de la muestra	Diámetro 70mm - alto 100mm
Voltaje de trabajo	110-120 VAC

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

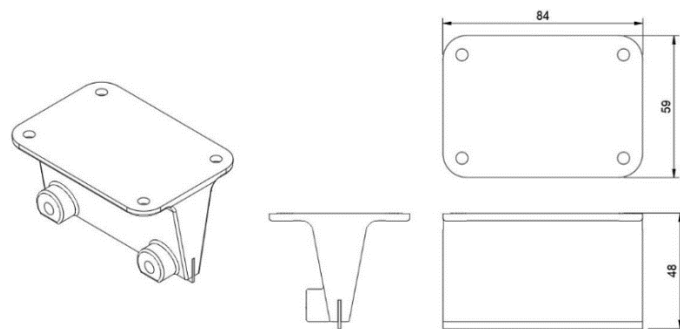
#### 3.1 Diseño conceptual

Se diseñó una alternativa de solución según los criterios establecidos en la tabla 1, tomando como referente el diseño planteado por la oficina de Tanzania. Se obtuvo un primer diseño de detalle realizado en *SolidWorks*, para posteriormente fabricar una primera versión de prototipo en materiales simulados para validar funcionamiento, en el cual se evaluó si hay cumplimiento de los requerimientos de diseño y de operación. Posteriormente, se realizó una iteración de diseño, mejorando las deficiencias observadas en el primer prototipo validado. Se procedió nuevamente a diseñar un segundo prototipo de acuerdo con las iteraciones realizadas, se fabricó nuevamente en materiales simulados, y se realizaron pruebas de validación. El proceso de diseño mecánico realizado para la elaboración del sistema se planteó en 4 fases:

1. La primera fase que se realizó fue el *diseño conceptual* del sistema. En esta se generó una serie de alternativas, que luego de ser analizadas según los requerimientos de diseño, dieron lugar a la selección de una alternativa viable a fabricar, la cual sirvió de referente para la realización de la segunda fase.
2. La segunda fase realizada en el proceso fue *el diseño de detalle y de ingeniería* del sistema, en esta a partir de la selección de componentes estándar y el uso de herramientas de diseño asistido por computador, como es el software *SolidWorks*, se obtuvo como resultado la información técnica que permitió la fabricación del prototipo inicial de prueba.
3. Luego de la fase de diseño de detalle y de ingeniería, se realizó la *fase de fabricación y ensamble* del sistema. En esta se obtuvo los diferentes elementos que conforman el equipo, tanto estándar o comerciales como a fabricar, los elementos fabricados no comerciales se realizaron en corte láser y proceso de maquinado CNC de 3 ejes para el corte de los elementos. Los cuales posteriormente fueron ensamblados para su validación funcional y posterior retroalimentación de diseño.
4. Después de ensamblar el sistema para su prueba, se inició con la *fase de validación e iteración de diseño*, en esta se puso a prueba el prototipo inicial fabricado, en el cual a partir de una lista de chequeo se verificó el cumplimiento de los requerimientos de diseño y funcionamiento, y en el caso de no cumplirlos, realizar su respectiva mejora. Según los hallazgos detectados durante las pruebas de diseño inicial del primer prototipo, se detectaron algunas deficiencias que fueron corregidas a través del diseño y fabricación de un segundo prototipo.

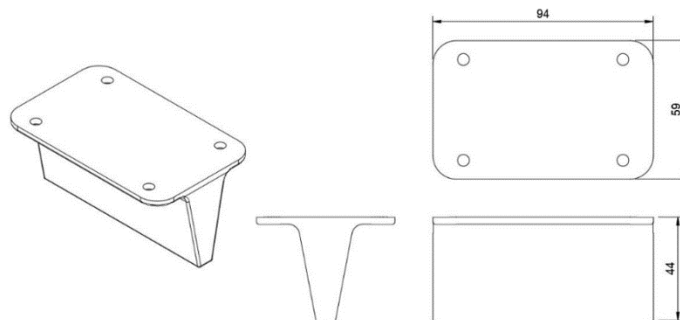
En cuanto al sistema de desgaste, se partió de la norma ASTM D559-03 en donde se describe un sistema de desgaste conformado por un cepillo de alambre con las siguientes especificaciones: consistente en un bloque de madera de 200 mm × 60 mm, montado con cerdas de acero de 40 mm de largo × 1,8 mm de ancho, de 0,5 mm de calibre, dispuestos al azar en 180 grupos de seis alambres cada uno. La finalidad de a prueba de desgaste con este sistema, busca tener una uniformidad de desgaste a lo largo de la probeta cilíndrica. Por lo anterior, se diseñaron tres sistemas de desgaste que cumplan con uniformidad en el desgaste de la probeta.

El Sistema de desgaste propuesto, tomo como experiencia, la primera versión construida, y así mejorar los resultados de la prueba, en esta nueva versión de diseño, se buscó versatilidad de la prueba según el tipo de muestra a analizar. Por ello, se diseñó y construyó un sistema de desgaste intercambiable, que le permitirá al usuario adaptar fácilmente el método de desgaste, según las propiedades del suelo a evaluar. Para ello el sistema permite intercambiar tres métodos de desgaste: el primero es realizado por una lámina dentada que aplica el desgasta longitudinalmente a la muestra (Figura 4).

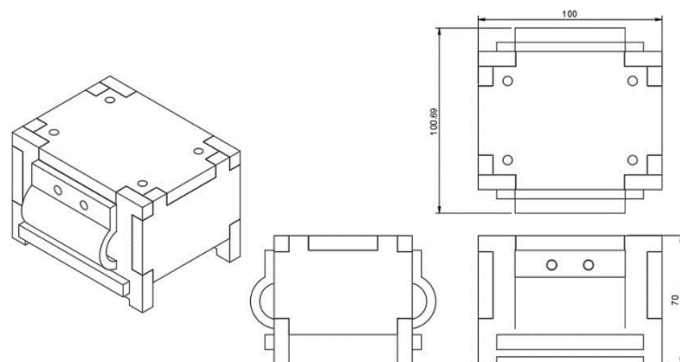


**Figura 4.** Sistema de desgaste para instalación de lámina metálica dentada

El segundo sistema permite la adaptación de cepillos metálicos, siendo un método de desgaste menos abrasivo (Figura 5); y el tercero es un sistema que permite instalar papel de lijas comerciales según el grado de abrasión requerido, de acuerdo con el criterio de la prueba (Figura 6).



**Figura 5.** Sistema de desgaste para instalación de cepillo metálico



**Figura 6.** Sistema de desgaste para instalación de papel abrasivo

En cuanto a la carga aplicada que va sobre el sistema de desgaste, se especificó que esta fuese aplicada en dirección lineal al centro de la muestra, en el cuadrante superior, a diferencia de la primera versión del

equipo que estaba antes del rediseño, donde la carga se aplicaba a partir de un brazo pivotado donde la fuerza aplicada iba variando a medida que la muestra iba disminuyendo su radio con el proceso de desgaste. Este nuevo sistema también permitirá al usuario ajustar la carga a ejercer en la muestra, con pesos intercambiables y con una capacidad de hasta 5 kg.

Por otro lado, la versión inicial del equipo con la que se partió no poseía cerramiento que permitiera proteger al usuario de partículas que se desprendan durante la prueba, ni garantizaba de forma eficiente la recolección del todo el material desprendido. Lo anterior fue corregido añadiendo una bandeja de recolección en la parte inferior de la muestra y se diseñó un cerramiento bajo norma internacional IEC 60529 [19] con un grado de protección IP5X el cual especifica una protección de polvo (Figura 7). Esta norma generalmente es usada para que elementos externos no ingresen al interior del equipo; no obstante, en este caso se especificó para que el material particulado generado al interior de la prueba no saliera el ambiente.

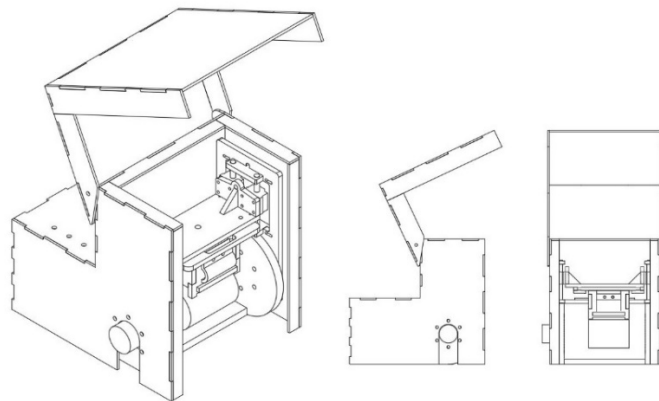


Figura 7. Diseño del sistema de cerramiento (Abierto)

### 3.2 Instrumentación y control

El sistema de instrumentación electrónica construido está compuesto de los subsistemas de sensado, control de motor, adquisición de datos y subsistema de visualización de datos [20] [21], permitiendo la configuración de las pruebas por número de vueltas o tiempo para control y monitoreo del equipo de desgaste, tal como se indica en la Figura 8.



Figura 8. Diagrama de flujo de conexión de subsistemas

- *Sensado giro motor.* Este subsistema tiene como objetivo leer el número de vueltas del motor basado en una tarjeta electrónica con un sensor encoder infrarrojo adaptado a la base del eje con un soporte mecánico en forma de pivote color blanco para detección del paso en cada vuelta [22]. Se transmite la información en señal digital codificada por ancho de pulso a 5V DC hacia el sistema de adquisición DAQ, el cual permite el monitoreo del número de vueltas o el inicio de medidor de tiempo desde el primer paso del pivote blanco sobre el sensor (Figura 9).
- *Control motor.* Este subsistema de control de motor este compuesto por la sección de potencia, la cual está aislada mediante un optoacoplador desde el microcontrolador. El relé mecánico es activado por la señal proveniente del optoacoplador y permite abrir el circuito del botón de apagado del motor, enviando una señal al controlador de potencia eléctrica para abrir la corriente del motor del equipo de desgaste [23] (Figura 10).



Figura 9. Montaje de sensor infrarrojo sobre eje motor del equipo de desgaste

- *Visualización de datos.* Este subsistema se compone de una pantalla OLED 1.3" con comunicación I2C desde el microcontrolador, donde le permite desplegar un menú de opciones para el modo de control por número de vueltas o tiempo, dentro de cada submenú se puede visualizar el número de vueltas actuales o tiempo transcurrido según la selección del usuario, además marca si esta iniciada la prueba por el botón selector mediante un OK en pantalla (Figura 10).

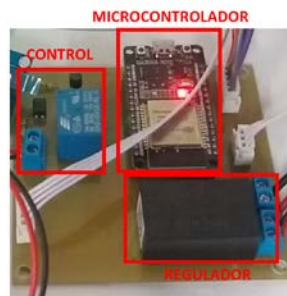


Figura 10. Tarjeta electrónica equipo de desgaste superficial

- *Tarjeta adquisición de datos.* Este subsistema es el núcleo principal del sistema de control de giro para el equipo de desgaste. Se compone de dos secciones, un *hardware* y otro *firmware*. El *hardware* se implementó con un microcontrolador, un *encoder* rotacional para definir el parámetro de entrada, salidas digitales para un optoacoplador y un relé mecánico para control del motor, un sistema de potencia con convertor de 110VAC a 5VDC [24]. El microcontrolador ESP32-WROOM-32S se comunica con los elementos de sensado, visualización y control aplicando la lógica programada [25] (Figura 10).

En el *firmware* se desarrolló la lógica del microcontrolador para adquirir los datos del *encoder* de rotación similar a un potenciómetro con botón incluido, la señal obtenida permite conocer la posición del rotación del sensor y así desplazarse a través de un menú desplegado en la pantalla OLED del sistema electrónico, definir el número de vueltas o tiempo de parado del equipo y el botón interno funciona como selector, además se adquiere datos del sensor *encoder* infrarrojo mediante pines GPIO para conocer el número de vueltas a través de una paleta acoplada al equipo de desgaste superficial, cuando el número de vueltas o tiempo corresponde al definido por el usuario, se envía la orden de parado del sistema con señal de abierto sobre relé realizando una acción similar a presionar el botón de "stop" pero digitalmente.

- *Integración mecatrónica.* Basado en todos los subsistemas se procedió a la integración de la tarjeta electrónica con el elemento de sensado infrarrojo hacia motor, acoplamiento a los botones del sistema de control del motor, botón de encendido de la tarjeta, instalación del *encoder rotary* y la pantalla de visualización en panel de control metálico convencional (Figura 11).



Figura 11. Vista de ensamble de panel de control en equipo de desgaste superficial

### 3.3 Ventajas técnicas del diseño

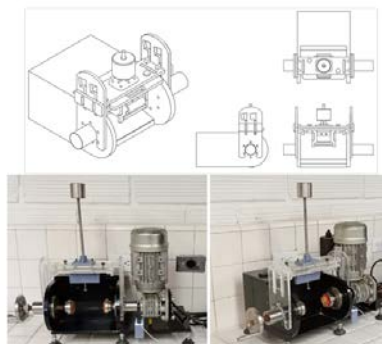
El rediseño del equipo mejoró su funcionamiento, tanto desde el aspecto de seguridad y asilamiento de las partículas que se desprenden de la probeta, como del desempeño de la prueba, y comparándolo con el diseño previo, los aspectos o ventajas obtenidas fueron:

- El sistema de cerramiento diseñado garantiza la protección del usuario de posibles piezas en movimiento que pudieran ocasionar un accidente, en paralelo permitió que el polvo generado durante la realización de la prueba no se disperse en el ambiente del laboratorio.
- El Sistema de sujeción y desplazamiento del sistema de desgaste que se da por medio de rodamientos lineales es fácil de manipular y permite el desplazamiento vertical con movimientos paralelos y axiales al centro de la muestra.
- Sistema de desgaste intercambiable a través de la elección de tres métodos de desgaste: papel abrasivo, lámina metálica dentada, cepillo metálico, el cual permite al usuario adaptar fácilmente el método de desgaste, según propiedades del tipo de suelo a evaluar.
- La carga aplicada a la muestra es garantizada por el sistema de desplazamiento lineal, la cual siempre va a estar ubicada en el cuadrante superior de la muestra y se mantendrá en el mismo punto a medida que esta se desgasta, en comparación a la versión inicial, la cual, al estar ejercida por un brazo pivotado, la aplicación de la carga se iba desplazando a medida en que la muestra se desgastaba.
- El sistema de control del motor con sensor giro permitió realizar pruebas con número de vueltas y tiempo definido por el usuario a través de un encoder rotacional, de forma óptima controla el parado del equipo al completar las vueltas realizadas o tiempo durante el ensayo dependiendo el material y tipo de desgaste a producir, además mediante el botón del encoder rotacional permite reconfigurar el parámetro inicial en medio del proceso de ensayo y mantener el número de vueltas realizadas por un parado de emergencia del equipo dependiendo de cada prueba y tipo de material.
- La visualización de la información en la pantalla OLED muestra un menú accesible para el usuario donde eliges el modo de control por número de vueltas o tiempo, además brinda información sobre el estado de inicio del ensayo las vueltas y tiempo ya transcurrido en el proceso.
- El módulo eléctrico opera adecuadamente en la protección del motor y suministro de energía óptimo para el inicio y parado del equipo desgaste, también tiene un módulo de aislamiento eléctrico mediante un opto acoplador que protege eléctricamente el microcontrolador.

### 3.4 Pruebas experimentales

#### 3.4.1 Pruebas de diseño

- *Pruebas en sistema de desplazamiento.* Para el primer prototipo diseñado y fabricado en donde se planteó un método de desplazamiento del sistema de desgaste a través de canales o ranuras (Figura 12), se realizó una primera prueba en la que se verificó tanto el desplazamiento, como que la carga aplicada sobre el cuadrante superior del sistema de desgaste fuese constante a medida que la probeta de suelo se va desgastando.



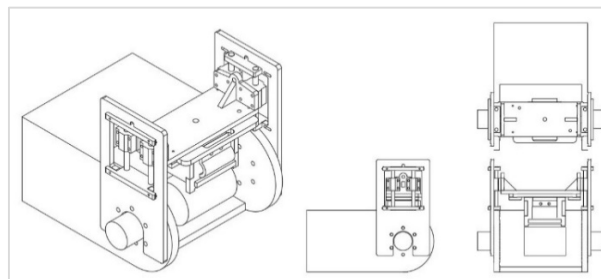
**Figura 12.** Primer prototipo diseñado en software *Solidworks* del sistema de desplazamiento, sistema de sujeción y carga y sistema de desgaste

Como primer hallazgo se observó que se debía corregir el desplazamiento ya que se presentaron movimientos no paralelos y no axiales al centro de la muestra (Figura 13).



**Figura 13.** Prueba de desplazamiento de del primer prototipo del sistema de desplazamiento

Se realizó un ajuste de diseño en CAD, cambiando este sistema de desplazamiento por uno de rodamiento lineales, ya que esta garantiza un mejor desplazamiento lineal en un solo eje en comparación del sistema de ranura, que permitía movimientos en ejes no deseados (Figura 14).



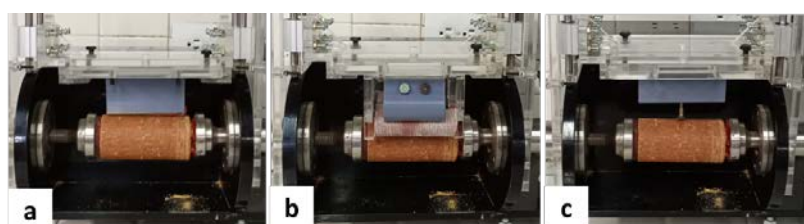
**Figura 14.** Diseño segundo prototipo con mejoras en el sistema de desplazamiento

Luego de esta iteración de diseño, se fabricó un segundo prototipo para revalidar su funcionamiento y verificar nuevamente el cumplimiento de las especificaciones de diseño. Con la corrección de diseño realizado de desplazamiento, el sistema mejoro en los movimientos de desplazamiento y aplicó adecuadamente la carga (Figura 15).



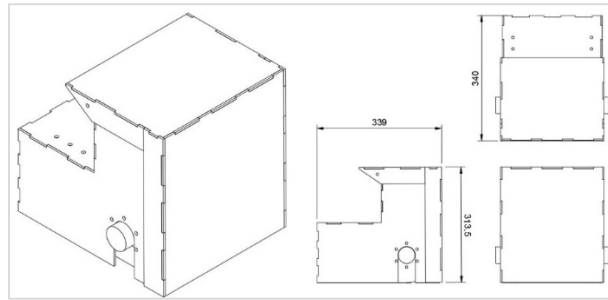
**Figura 15.** Segundo prototipo fabricado con sistema de desplazamiento por medio de rodamientos lineales.

- *Pruebas del sistema de desgaste.* Se probaron los 3 métodos de desgaste ejercido en las muestras. Se observó que el sistema que genera más desgaste es el de la lámina metálica dentada, ya que presentó mayor desprendimiento de material, seguido del método con una lija de numero de grano de 240, y luego el método por cepillos metálico, que presentó menor desprendimiento de material (Figura 16).



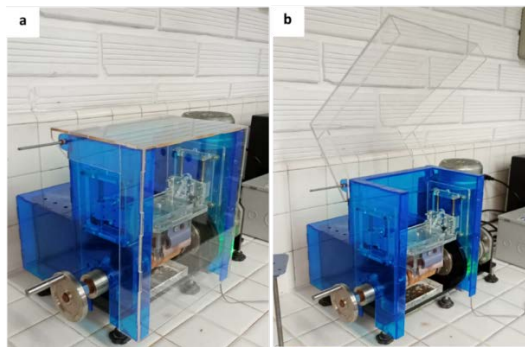
**Figura 16.** Sistema de desgaste intercambiable: a) lámina metálica dentada, b) lija y c) cepillos metálicos

- *Pruebas a sistema de cerramiento.* Se evaluó si el cerramiento construido en términos de retención del material particulado generado y se verificó que este se depositara de manera adecuada en la bandeja interna del equipo (Figura 17).



**Figura 17.** Diseño CAD del sistema de cerramiento del equipo

Se confirmó que el sistema de cerramiento retiene de manera eficiente las partículas impidiendo que sean emitidas hacia el exterior, a la vez que estas se depositan de manera adecuada en la bandeja de recolección (Figura 18).



**Figura 18.** Sistema de cerramiento del equipo: a) Tapa frontal cerrada y b) Tapa frontal abierta

### 3.4.2 Pruebas al sistema de control

El sistema de control de giro en equipo de desgaste superficial basó en el microcontrolador ESP32, el cual tiene como objetivo de controlar el parado del motor por número de vueltas o tiempo definido por el usuario, donde el procedimiento es el siguiente: se enciende la tarjeta cuando ya se visualiza en la pantalla oled el menú principal nos permite seleccionar a través del selector la opción de parado por vueltas Laps: 1 o tiempo time: 2, y con el botón se define la selección e ingresa a otro menú donde se ingresa el número de vueltas o tiempo para parar el motor, posteriormente se presiona el botón verde del equipo para iniciar, las cuentas de cada vuelta o tiempo transcurrido se visualizan en la pantalla OLED, finalmente cuando termina cambia de estado el relé y el contactor abre la corriente eléctrica apagando el motor del equipo.

- Paso 1: Se define el punto de prueba en la instalación de la tarjeta electrónica en el equipo de desgaste superficial (Figura 19a).
- Paso 2: Se realiza la conexión de la caja de control al tomacorriente de 110 VAC, luego se enciende la tarjeta a través del interruptor color negro y se visualiza el menú de inicio en la pantalla OLED (Figura 19b).
- Paso 3: Se despliega el menú principal DesgasteU, con la opción de parado por vueltas Laps: 1 o tiempo Time: 2, que se pueden seleccionar a través de la perilla y con presión hacia abajo da la selección (Figura 19c).

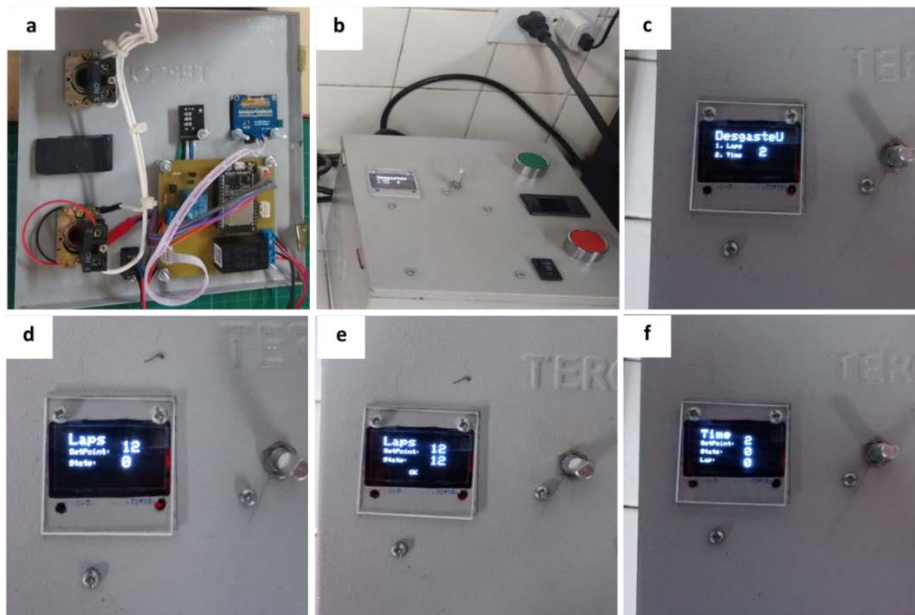
Selección LAPS:

- Paso 4: Se elige la opción por número de vueltas, con la perilla se selecciona el valor deseado de vueltas en la prueba y queda armado si aparece en pantalla la palabra OK (Figura 19d).

- Paso 5: Se debe presionar el botón verde para iniciar el motor, así se empieza a contar las vueltas de giro en el equipo y detenerse según el valor definido por el usuario posteriormente se repite la prueba 10 veces para probar la fiabilidad del sistema de control de parado del equipo Figura (19e).

Selección TIME:

- Paso 6: Se puede regresar al menú principal si presionas el selector, buscas el número 0 y volver a presionar el selector o sino reiniciar la tarjeta electrónica. Luego selecciona *time* con la opción 2 y define el tiempo de operación del equipo (Figura 19f).



**Figura 19.** a) PCB con sus componentes electrónicos y cables de conexión. b) Caja de control con su tarjeta electrónica en operación. c) Vista de menú principal en sistema electrónico. d) Vista de pantalla OLED para parado por número de vueltas. e) Funcionamiento de parado de motor por vueltas visualizado en pantalla OLED. f) Vista de pantalla OLED para parado por tiempo en minutos

- Paso 7: Se debe presionar el botón verde para iniciar el motor y cuando empiece a ver la primera vuelta el sistema inicia el contador de tiempo, el sensor debe estar bien ubicado con la paleta de detección instalada en el motor (Figura 20).



**Figura 20.** Vista del prototipo instalado en operación en ambiente controlado TRL6

- Paso 8: Se realiza varias pruebas por control con número de vueltas (Tabla 2) y tiempo máximo de operación (Tabla 3).

**Tabla 2.** Pruebas por número de vueltas definidas por el usuario

Prueba	Vueltas definidas	Vueltas contadas	Estado
1	12	12	ok
2	10	10	ok
3	30	30	ok



4	7	7	ok
5	10	10	ok
6	8	8	ok
7	11	11	ok
8	30	30	ok
9	60	60	ok
10	120	120	ok

**Tabla 3.** Pruebas por tiempo definido por el usuario, se mide el tiempo de la prueba y además permite contar vueltas que en promedio son 60 vueltas /min (revoluciones ya definidas en el motor sin carga)

Prueba	Tiempo definido (min)	Tiempo medido (min)	Vueltas contadas	Estado
1	2	2	120	ok
2	2	2	120	ok
3	3	3	180	ok
4	3	3	180	ok
5	2	2	120	ok
6	4	4	240	ok
7	4	4	240	ok
8	2	2	120	ok
9	2	2	120	ok
10	2	2	120	ok

#### 4. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo se realizó el rediseño, la construcción y puesta a punto de un de desgaste abrasivo para evaluar la durabilidad de materiales viales estabilizados, basado en la norma ASTM D559-03 y el modelo propuesto por Oficina de Normas de Tanzania, implementando modificaciones en su diseño y operación, de forma tal que pueda ser aplicado a especímenes de suelos aditivados con estabilizantes químicos tradicionales y no tradicionales. De esta forma se logró la integración del diseño mecánico y la instrumentación de control del equipo.

La metodología de diseño utilizada permitió obtener la propuesta del diseño conceptual, base para el prototipo final obtenido del rediseño del sistema de desgaste, como el control de giro y tiempo del ensayo.

El rediseño del sistema de desplazamiento permitió una mejor manipulación por parte del usuario, así como un control de desplazamiento vertical.

La configuración del sistema de desgaste le confirió mayor versatilidad a la prueba para su aplicación en diferentes tipos de suelo y el empleo de estabilizantes de distintas naturalezas químicas. Desde el punto de vista funcional, el equipo permite un reemplazo más fácil y rápido de los elementos de desgaste cuando ya hayan cumplido su vida útil.

El sistema de cerramiento, permitió una mejor protección del usuario y una mejor retención del material particulado que se desprende de los especímenes evaluados.

La tarjeta electrónica con el control de vueltas del motor permite establecer un parámetro de referencia por número de vueltas o tiempo deseado durante las pruebas, con la finalidad de realizar ensayos de desgaste con diferentes materiales.

El módulo *encoder rotary* facilita la configuración del manejo del menú, en el que se selecciona el modo de control y el valor de referencia deseado para las pruebas, y mediante un botón se puede reconfigurar la referencia para el control de motor.

La pantalla muestra el número de vueltas y tiempo transcurrido durante el ensayo, con mensajes de retroalimentación al usuario si este iniciado el proceso o debe configurar el parámetro de referencia.

Las pruebas de desgaste abrasivo, usando el equipo rediseñado en este trabajo, constituye un método capaz de evaluar de manera estandarizada el desempeño y durabilidad de materiales viales estabilizados.

La investigación realizada tiene gran pertinencia tecnológica puesto que a nivel nacional hay un gran campo de aplicación y evaluación de materiales viales estabilizados.

La integración del diseño mecánico e instrumentación de control del equipo de desgaste abrasivo permitió incorporar mejoras a nivel funcional, estructural, ergonómico, estético, de seguridad y de cumplimiento del desgaste uniforme de los especímenes de los materiales viales estabilizados.

El desarrollo de equipos de laboratorio versátiles que permitan evaluar el desempeño de materiales viales estabilizados es de gran importancia, dado que posibilitan la estandarización de pruebas que permiten obtener una comprensión más precisa del comportamiento de estos materiales, lo que a su vez facilita una orientación más efectiva en su uso y aplicación.

### **Reconocimientos**

Los autores agradecen Minciencias, proyecto código 2020000100543, a la Universidad de Antioquia y al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Tecnoparque nodo Medellín, por el apoyo para el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Hutchings A. y Shipway P. (2017). *Tribology: Friction and Wear of Engineering*. Butterworth-Heinemann.
- [2] Gutiérrez W. et al. (2015). Construcción de un equipo para desgaste abrasivo según norma ASTM G-65. *Scientia et Technica* 20(3), 217-224.
- [3] Rodríguez A. et al. (2023). Implementación de un tribómetro automatizado rueda de caucho arena seca / arena húmeda para la evaluación del desgaste abrasivo en materiales. UPTC.
- [4] Paige P. (2008). The durability of stabilized materials. En 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics. India.
- [5] Katz L. et al. (2001). Mechanisms of soil stabilization with liquid ionic stabilizer. *Transportation Research Record* 1757, 50-57.
- [6] He S. et al. (2018). Expansive soil treatment with liquid ionic soil stabilizer. *Transportation Research Record* 2672(52), 185-194.
- [7] Dean N. et al. (2019). The important aspects of subgrade stabilization for road. En IOP Conference.
- [8] Paige P. et al. (2011). Considerations for ensuring the durability of chemically stabilised road materials. *Civil Engineers Ground Improvement* 164(4), 245-252.
- [9] Paige P. et al. (2008). A reassessment of some road material stabilization problems. en 27th Southern African Transport Conference. Pretoria.
- [10] Wu H. et al. (2010). Laboratory evaluation of abrasion resistance of portland cement pervious concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering* 23(5), 697-702.
- [11] Yung Y. et al. (2016). Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR). *Tecnura* 20(50), 106-118.
- [12] Fonseca J. (2010). Resistencia a la abrasión superficial de un suelo no cohesivo estabilizado con cemento. Costa Rica.
- [13] Pavement Research Center e Institute of Transportation Studies. (2003). Durability Testing of LCB and CTB Materials Supplied by Caltrans. California.
- [14] AASHTO. (1982). *Materials: Part 2: Tests*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington.
- [15] ASTM. (1996). D559 03 Standard test methods for wetting and drying compacted soil-cement mixtures. USA.
- [16] Tanzania Bureau of Standards. (2021). Test method - Determination of the wet-dry durability of compacted and cured specimens of cementitiously stabilized materials by mechanical brushing. Tanzania.
- [17] Universidad de los Andes. (2016). Estudio de la resistencia a la erosión de materiales empleados como bases en pavimentos de concreto hidráulico. Bogotá.
- [18] CrossN. (2000). *Engineering design methods, strategies for product design*. John Wiley.
- [19] IEC. (2001). Norma IEC 60529, Grados de protección proporcionados por las envolturas (Código IP). IEC.
- [20] Qixiong L. (2022). Analysis of electromagnetic interference reduction from printed circuit boards. *Highlights in Science, Engineering and Technology* 27, 33-37.
- [21] Bruce A. et al. (2010). Review of printed-circuit-board level EMI/EMC issues and tools. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 52, 455-461.
- [22] Zheng X. et al. (2012). The application of infrared sensors integrating stepper motor based on C8051F120. *Advanced Materials Research*, 476-478.
- [23] Mumtaz Z. et al. (2018). An automation system for controlling streetlights and monitoring objects using arduino. *Sensors* 18(10), 3178-3189.
- [24] Homemade-Circuits. (2022). How to connect a relay through an opto-coupler. Recuperado: <https://www.homemade-circuits.com/how-to-drive-relay-through-opto-coupler/>
- [25] Marek B. et al. (2019). Using the ESP32 microcontroller for data processing. En 20th International Carpathian Control Conference.

# Biofiltración para la biodegradación de Metiletilcetona

Elsa Marcela Ramírez López<sup>1</sup>

Catalina Janine Moreno Jiménez<sup>2</sup>

*Universidad Autónoma de Aguascalientes, México*

La contaminación ambiental es una de las problemáticas que más atención genera en la población mundial debido a la serie de consecuencias que trae consigo, tanto para la salud humana como para la calidad de vida. Esta contaminación se promueve gracias a los efectos de las actividades antropogénicas que representan la mayor cantidad de emisiones al ambiente. En muchas regiones la calidad del aire es mala, haciendo que la población esté expuesta a una serie de partículas y compuestos tóxicos que repercuten en la salud a corto y largo plazo, como los Compuestos Orgánicos Volátiles COV, entre que se encuentra la Metiletilcetona MEC, un compuesto altamente volátil y de importancia industrial que interacciona con otras partículas del ambiente, generando compuestos aún más tóxicos y parte del smog fotoquímico. El presente estudio tuvo como objetivo cuantificar el porcentaje de eficiencia de eliminación de MEC usando un biofiltro empacado con vaina de cacahuete e inoculado con una cepa de hongo *Macrophomina phaseolina*, además de analizar la capacidad biodegradadora del hongo usando concentraciones del contaminante de 1 mg/L y 3 mg/L. Se mantuvieron condiciones de pH, humedad y temperatura controladas, obteniendo porcentajes de eliminación de 50 – 70% para 1 mg/L y de 90 – 98% para 3 mg/L de contaminante, manteniendo un tiempo de operación de 35 días. El hongo reflejó buenas propiedades metabólicas para compuestos de cetonas y, por lo tanto, el biofiltro presentó una buena capacidad de eliminación del contaminante modelo.

---

<sup>1</sup> Microbiología del agua y Doctora en química. Contacto: [marcela.ramirezl@edu.uaa.mx](mailto:marcela.ramirezl@edu.uaa.mx)

<sup>2</sup> Ingeniera Bioquímica. Contacto: [catalina.moreno@edu.uaa.mx](mailto:catalina.moreno@edu.uaa.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los avances en el desarrollo científico y tecnológico a lo largo de la historia de la humanidad han traído un mayor confort y beneficios a la sociedad de diferentes naciones del mundo. Para lograrlo, por un lado, se han usado los recursos renovables y no renovables, y por otro se han desarrollado un sinnúmero de sustancias por síntesis química.

Los combustibles fósiles y sus destilados como son los gases (metano, etano, propano y butano), compuestos orgánicos volátiles COV y semi-volátiles COsV, y combustibles líquidos como es el queroseno, las gasolinas, gasóleos son obtenidos a partir del petróleo, un recurso natural no renovable [1, 2]. La biomasa es otro de los recursos no renovables y que pueden generar contaminantes que se emiten hacia la atmósfera, por la oxidación, o su uso en procesos industriales [2].

La producción de sustancias por síntesis química puede generar emisiones hacia la atmósfera, así como también por el manejo y almacenamiento de las mismas. Estas emisiones pueden llegar a ser un gran riesgo tóxico ambiental, causando problemas en la salud de los seres vivos, por lo que su control represente un gran reto debido a las consecuencias que pueden generar [1].

Las emisiones gaseosas de cualquier fuente natural se definen como contaminación, si estas fuentes son antropogénicas, como son las emisiones de los procesos industriales, almacenamiento de recipientes y sustancias volátiles y semi-volátiles, entonces se conoce como polución [3], debido a la posible elevada concentración de contaminantes que contienen.

La producción de todas estas emisiones de tipo antropogénico está involucrada en la quema de combustibles fósiles, las emisiones evaporativas de sitios de almacenamiento, las emisiones industriales por la liberación y uso de solventes orgánicos, etc. [4]. Y puede contener compuestos contaminantes hacia la atmósfera generando efectos indeseables en la salud del hombre y su ambiente. Algunos de estos son el humo, polvo, vapores, aerosoles (material particulado), gases como los óxidos de azufre SO<sub>x</sub>, óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>, monóxido de carbono CO e hidrocarburos HC, y puede presentarse partículas de material radiactivo [3], sustancias fluorocarbonadas (refrigerantes, espumas extintoras, disolventes, precursores de polímeros), agroquímicos (plaguicidas), entre otros [1, 2].

Las sustancias y partículas contaminantes anteriormente mencionadas tienden a acumularse en la atmósfera y son conocidos como Gases de Efecto Invernadero GEI [5]. Los GEI son aquellos que tienen la capacidad de absorber y reemitir radiación infrarroja, lo cual produce un cambio en la irradiación sobre la tierra (forzamiento radiativo) generando que, dependiendo del tipo de GEI, aumente el potencial de calentamiento global [6]. En la atmósfera de la Tierra se pueden encontrar GEI directos [7] que inducen directamente al forzamiento radiativo y al calentamiento global [6] (vapor de agua, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, ozono y especies de halocarbonos) [7] y GEI indirectos que, por medio de reacciones químicas en la atmósfera, pueden modificar la vida atmosférica de los GEI directos (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, Compuestos Orgánicos Volátiles COV y dióxido de azufre).

Todos estos compuestos pueden emitirse al ambiente por cuatro sectores principales: sector energético (quema, extracción y manipulación de combustibles fósiles, sector industrial, sector agrícola (procesos biológicos o físicos) y el sector de desechos (procesos de eliminación o incineración de residuos, aguas residuales) [6, 8].

Los COV son conocidos como contaminantes peligrosos del aire por ser un conjunto de compuestos capaces de causar perturbaciones a la salud humana. Se encuentran presentes en muchos productos de consumo masivo doméstico e industrial, como disolventes, aerosoles, desengrasantes, pinturas, tintas, plastificantes, en emisiones provenientes de la industria del petróleo y gas, entre otros [9].

Los olores y la contaminación del aire derivados, por la presencia en la atmósfera, de los COV se están convirtiendo en un problema cada vez más grave, principalmente por la formación de ozono a nivel del suelo por las reacciones fotoquímicas desarrolladas en el medio [2, 5, 12] y los óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>. La

presencia de los COV en la atmósfera de los grandes centros urbanos es relevante, por la probable asociación en la disminución de la salud humana, como es el caso del riesgo tóxico, mutagénico y cancerígeno que representan especies como el benceno [2, 5, 8].

Entre alguno de los COV que se pueden encontrar en el ambiente está la Metiletilcetona MEC que es un líquido claro e incoloro, altamente volátil e inflamable, con un ligero aroma a acetona, altamente soluble en agua y miscible con muchos solventes orgánicos. En la atmósfera produce radicales libres que puede provocar la formación del smog fotoquímico y su interacción con otros compuestos en el ambiente puede propiciar la formación de otros compuestos tóxicos. Su mayor uso es en la aplicación de recubrimientos protectores y adhesivos, como solvente en la producción de cintas magnéticas, en el desparafinado de aceites lubricantes, en el procesamiento de alimentos, en la fabricación de barnices y pegamentos, etc., pero, en la mayoría de sus aplicaciones, es un componente de una mezcla de solventes orgánicos principalmente con especies hexacarbonadas (n-hexano, metil n-butilcetona, 2,5-hexanodiona).

Las emisiones hacia el medio ambiente pueden encontrarse en kilogramos o toneladas por año [1, 11] en el aire, y las fuentes principales son por la evaporación del solvente de las superficies recubiertas [13], de la industria manufacturera, de la industria farmacéutica, imprentas, entre otros [6]. A pesar de que su uso individual no es un problema muy grave para la salud de las personas (se pueden presentar malestares generalizados), al evaporarse y entrar en contacto con el resto de los contaminantes de la atmósfera reacciona y produce especies tóxicas, generando así que los efectos neurotóxicos de estas especies se potencien causando problemas en el hígado, riñones, pulmones y daño en tejidos internos [11].

En condiciones aeróbicas, los COV pueden eliminarse empleando técnicas biotecnológicas y de bioingeniería [8, 10], ya que estos compuestos pueden servir como fuentes de carbono y energía para el metabolismo microbiano. De esta forma, los contaminantes gaseosos no se transfieren en forma concentrada a otra fase, sino que se convierten en productos de oxidación inofensivos, produciendo CO<sub>2</sub> y agua [8, 10]. Los métodos biológicos son utilizados para tratar corrientes de contaminantes con altos flujos y bajas concentraciones de contaminante, y es una alternativa de tratamiento de bajo costo y bajo impacto ambiental. Los procesos biológicos pueden llevarse a cabo a temperaturas cercanas al ambiente, y a presión atmosférica [12].

Dentro de este tipo de tratamiento se encuentra la biofiltración definido como todo proceso biológico utilizado para el control o tratamiento de compuestos orgánicos e inorgánicos volátiles presentes en fase gaseosa. Durante el proceso de biofiltración, el gas contaminante se inyecta y pasa a través de un lecho orgánico que soporta la biopelícula, el proceso implica la oxidación parcial o total del contaminante formando como productos finales principalmente CO<sub>2</sub>, agua y biomasa [12, 13].

Entre los microorganismos presentes en el proceso de biodegradación se encuentran tanto bacterias como hongos microscópicos. Los hongos microscópicos son microorganismos que tienen un núcleo definido y que poseen características de resistencia a determinadas condiciones mayores que las bacterias y las levaduras [14]. Muchos de estos hongos son conocidos por tener la propiedad de degradar contaminantes persistentes; estudios realizados concluyen que hay hongos con una gran capacidad de degradación para un gran número de hidrocarburos aromáticos policíclicos en condiciones variables; dicha propiedad es debida a enzimas extracelulares con una baja especificidad de sustrato (peroxidasa dependiente de manganeso, fenoloxidasas, enzimas productoras de agua) [15].

*Macrophomina phaseolina* Tassi Goid, es un hongo microscópico polífago [16] que pertenece a la Clase Deuteromycetes, es el hongo responsable de la pudrición carbonosa, considerado una plaga de importancia [17] debido a que afecta cerca de 500 especies entre las que destacan [16]: *Arachis hypogaea*, *Beta vulgaris*, *Brassica oleracea*, *Capsicum annum*, *Citrus spp*, *Sesamum idicum*, *Solanum tuberosum*, *Zea mays*, entre otros [17]. Es un hongo que se adapta a diferentes condiciones ambientales y con una amplia distribución geográfica gracias a su variabilidad morfológica, fisiológica, patogénica y genética y a que sus esclerocios, estructuras de resistencia, sobreviven en el suelo y son difíciles de destruir, lo que favorece el desarrollo bajo condiciones de déficit hídrico y altas temperaturas [16].

El objetivo del presente trabajo de investigación fue estudiar la eficiencia de eliminación de la Metiletilcetona MEC bajo concentraciones de 1 y 3 mg. L<sup>-1</sup> en un biofiltro empacado con vaina de cacahuate e inoculado con el hongo *Macrophomina phaseolina* durante un periodo de 35 días de operación.

## 2. MÉTODO

En este estudio se empleó un biofiltro para la biodegradación de Metiletilcetona MEC presente en dos diferentes concentraciones en una corriente gaseosa, cuantificando la concentración tanto a la entrada como a la salida del biofiltro. Y se determinó el porcentaje de eficiencia de eliminación del contaminante modelo MEC, por *Macrophomina phaseolina*.

### 2.1 Diseño y operación del biofiltro

El biofiltro empleado fue construido en una columna de vidrio de aproximadamente 0.30 m de altura y un diámetro interno de 0,025 m, que se empacó con vaina de cacahuate con una altura de lecho de 0,21 m aproximadamente como se muestra en la Figura 1. El material de empaque fue inoculado con el hongo microscópico *M. phaseolina*. La alimentación del gas contaminante hacia el biofiltro, conteniendo a la MEC como contaminante modelo, fue en una corriente descendente, con un flujo aproximado de 0,030 L/min. Las concentraciones del contaminante fueron: 1 mg. L<sup>-1</sup> y 3 mg. L<sup>-1</sup>, el tiempo de operación total para cada una de las concentraciones de contaminante fue de 35 días. El material de empaque se mantuvo húmedo alimentando caldo soya tripticaseína ST, que sirvió a su vez como fuente de nutrientes.

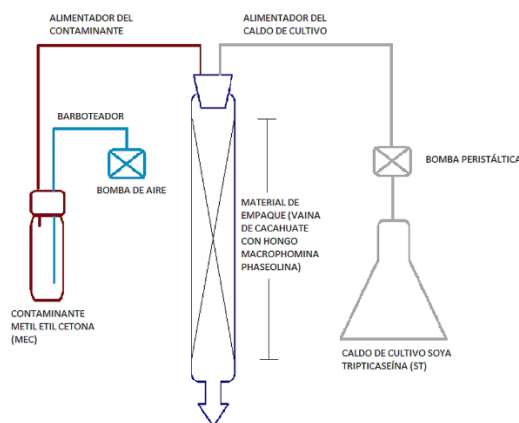


Figura 1. Diseño del biofiltro empacado con vaina de cacahuate para la degradación de Metiletilcetona MEC

### 2.2 Determinación de eficiencia de eliminación en el biofiltro

Las muestras del efluente gaseoso del biofiltro se tomaron en intervalos de tiempo de 48 – 72 horas, en un bulbo de vidrio Kimax de 1 L de volumen, dejando pasar el gas durante 25 a 30 minutos. La muestra tomada se inyectó en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer AutoSystem equipado con un detector FID y una columna capilar marca SUPELCO. La eficiencia de eliminación del biofiltro se determinó empleando la ecuación (1).

$$EE (\%) = \frac{C_e - C_s}{C_e} * 100 \quad (1)$$

Donde:

EE: eficiencia de eliminación del contaminante, expresado en porcentaje

C<sub>e</sub>: concentración del contaminante a la entrada, expresado en mg. L<sup>-1</sup>

C<sub>s</sub>: concentración del contaminante a la salida, expresado en mg. L<sup>-1</sup>

### 2.3 Condiciones ambientales de operación

Al interior del biofiltro se mantuvieron aproximadamente constantes las condiciones de pH con un valor de 5,5 unidades. El material de empaque se mantuvo con una humedad de aproximadamente el 43%,

alimentando caldo soya tripticaseína ST que sirvió a su vez como fuente de nutrientes, y una temperatura de 25°C, bajo condiciones ambientales.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

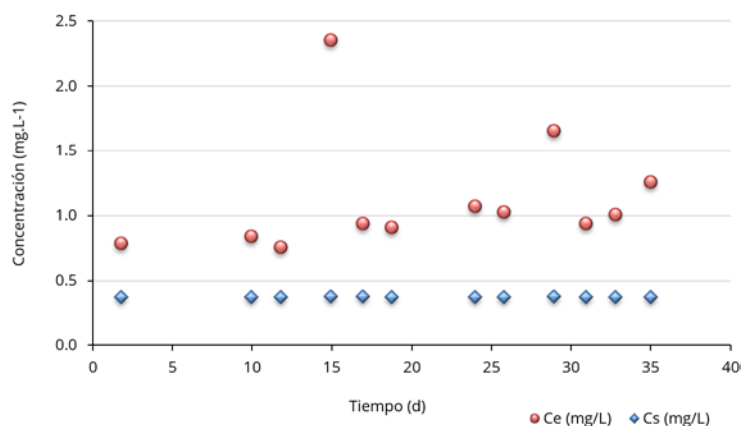
#### 3.1 Eficiencia de eliminación en el biofiltro

La inoculación del biofiltro con *Macrophomina phaseolina* en el material de empaque esterilizado se realizó por medio de una bomba peristáltica, dejándose en un periodo de adaptación de aproximadamente 30 días, debido al lento crecimiento que tiene el microhongo, estudios de [21] mostraron que su crecimiento en PDA fue muy lento, comportamiento semejante se observó sobre la cáscara de cacahuate, empleado como soporte. Para permitir el crecimiento del hongo se humedeció el medio con el caldo de soya tripticaseína, en intervalos de tiempo de 96 horas. La inyección del influente gaseoso contaminado fue en una concentración de aproximadamente 1 mg. L<sup>-1</sup>.

Aparte de los factores ya mencionados anteriormente de humedad y temperatura, el tiempo de adaptación del hongo y el proceso de sorción del contaminante fueron factores importantes en el periodo de metabolización y eliminación de la MEC.

En un estudio realizado por [12] para la biofiltración de hexano, tolueno y metiletilcetona en un biofiltro empacado con poliuretano, se determinó que el periodo de biodegradación completa de MEC se llevó a cabo en un proceso de 12 días, esto debido a que el contaminante tiende a sorberse en el material en la primera fase de adaptación el biofiltro, una vez que el material se satura de los contaminantes, el proceso de biodegradación continua hasta que se completa o se estabiliza.

La Figura 2 muestra la concentración de alimentación y la de salida del biofiltro alimentado con el flujo gaseoso contaminado con la MEC.



**Figura 2.** Comparación de la concentración a la entrada  $C_e$  con la concentración a la salida  $C_s$  para un gas influente contaminado con 1 mg/L de Metiletilcetona

Por lo tanto, como se puede observar en la Figura 3, después de un periodo de 15 días desde que se comenzó a alimentar el influente contaminante, la eficiencia de eliminación comienza a ascender, pero no aumenta más del 70%, esto también se puede deber al corto periodo de tiempo que se dejó operando el biofiltro; por su parte, [12] mantuvo su biofiltro en operación durante 65 días.

Precisamente, como el biofiltro tuvo su periodo de adaptación al contaminante con una concentración de 1 mg.L<sup>-1</sup>, en lo que se sorbía y se saturaba el material con el contaminante se obtuvieron porcentajes de eficiencia entre 50 – 56 %, mientras que con los 3 mg.L<sup>-1</sup> el hongo ya estaba completamente adaptado a recibir una carga de contaminante y usarlo como fuente de carbono y energía, el periodo de cambio de una concentración a otra fue de 48 horas, por lo que el hongo no tuvo la necesidad de volver a adaptarse al contaminante, por lo tanto el proceso de eliminación del contaminante se dio mucho más rápido a comparación de la primer concentración (Figuras 4 y 5).



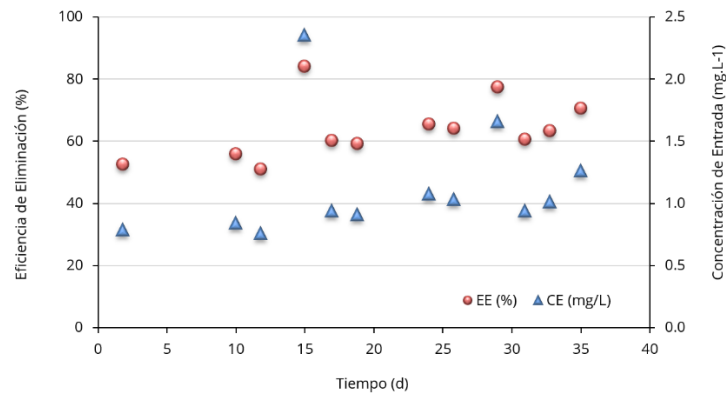


Figura 3. Porcentaje de eficiencia de eliminación para un gas influyente contaminado con 1 mg.L<sup>-1</sup> de Metiletilcetona

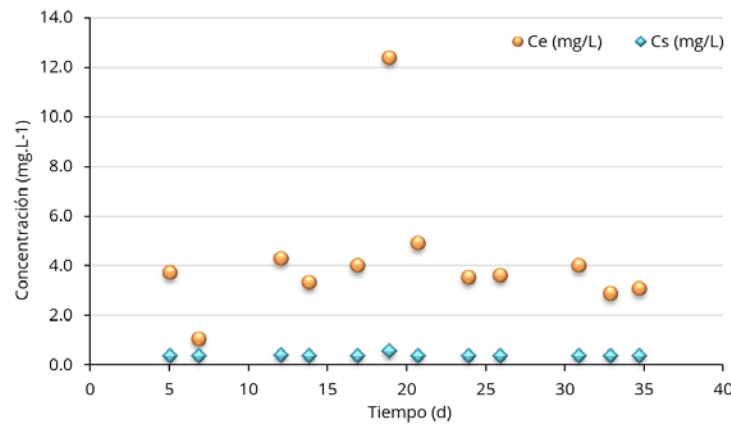


Figura 4. Comparación de la concentración a la entrada Ce con la concentración a la salida Cs para un gas influyente contaminado con 3 mg/L de Metiletilcetona

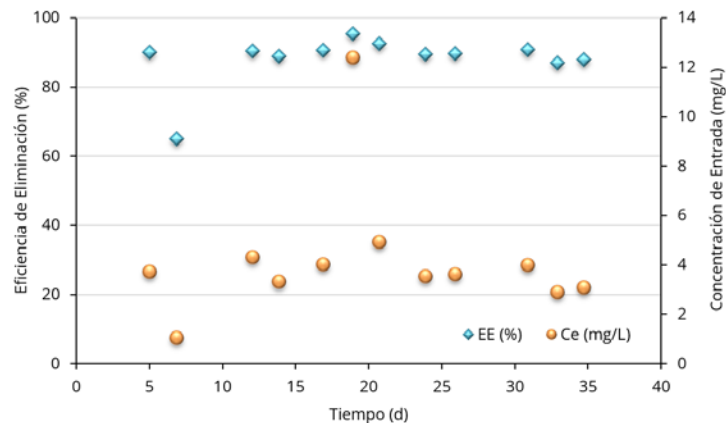


Figura 5. Porcentaje de eficiencia de eliminación para un gas influyente contaminado con 3 mg/L de Metiletilcetona

### 3.2 Análisis de la capacidad biodegradadora del hongo

Como se puede observar en las Figuras 3 y 5, el hongo dentro del biofiltro, bajo las condiciones a las que estuvo sometido, tiene eficiencias de eliminación del contaminante MEC significativas, abarcando de un 50 a un 70% de eliminación para concentraciones de 1 mg/L y de un 90 a 98% de eliminación para concentraciones de 3 mg/L.

[8] construyeron un biofiltro con dimensiones de 0,147 m de diámetro interior y 1,12 m de longitud, medidas mayores a las presentadas en este estudio. En base al proceso que ellos realizaron con temperaturas de 35°C y utilizando dos especies de hongos específicas (*Geotrichum candidum* y *Fusarium oxysporum*) lograron obtener porcentajes de degradación de MEC del 70% para concentraciones de 1,04 mg/L y de 35% para concentraciones de 2,43 mg/L. Esto refleja que a concentraciones similares de 1 mg/L se obtienen porcentajes de eliminación prácticamente iguales, sin embargo, para concentraciones cercanas a los 3 mg/L

las condiciones del biofiltro construido para este estudio y el hongo utilizado favorecen más la eliminación con valores cercanos al 100%.

En un estudio más amplio, [10] construyó 5 biofiltros con condiciones similares, pero cambiando el material de empaque, usando perlita, poliuretano con 20, 30 y 40% de recubrimiento con almidón y polipropileno modificado con fibra de agave en una proporción de 30:70; los resultados que más destacan son los del poliuretano. Con una concentración de  $1 \text{ g/m}^3$  de MEC se logró un 100% de eliminación en un tiempo de 7 días para el poliuretano con 20 y 30% de almidón, y un 100% de eliminación en un tiempo de 6 días para el poliuretano con 40% de almidón, todo esto con un periodo de tiempo de 70 días de operación y un consorcio microbiano.

Los resultados que se acaban de mencionar presentan cierta relación con los obtenidos en este estudio, en base al estudio de [10], aproximadamente para el día 4 se obtiene un 50% de degradación del contaminante, mientras que los resultados vistos en la Figura 3 se muestra que este valor se obtiene aproximadamente a los 10 días, esto se puede deber a que el material de empaque que [10] utiliza es semi sintético, donde hay una base polimérica sintética y una fuente de carbono que sirve para el crecimiento del microorganismo. En el biofiltro diseñado para el presente estudio se usó un material de empaque 100% biológico, por lo que la degradación y eliminación del contaminante no se da de manera completa en cortos periodos de tiempo porque el microorganismo consume tanto el contaminante como el empaque, siendo así que el proceso se retrasa.

[11] utilizó un proceso y diseño de biofiltro similar al presentado en este estudio, el análisis lo realizó para la eliminación de tolueno obteniendo prácticamente un 100% de eliminación para concentraciones de 1,9 – 2,6, 1,23 – 1,54 y 5,55 – 4,93  $\text{kg/m}^3_{\text{lecho} \cdot \text{h}}$  con un tiempo de operación de 60 días. Esto indica que el hongo utilizado no es solo eficiente para eliminar compuestos más simples como MEC sino también compuestos aromáticos en porcentajes elevados.

En el caso de compuestos como tolueno se pueden tener porcentajes de eficiencia de eliminación altos gracias a su baja afinidad con el agua, al ser altamente hidrofóbico tiene una tendencia mayor a entrar en contacto con la biopelícula, al contrario que la MEC que puede quedar relativamente atrapada en la humedad del medio. Dado que el hongo resiste condiciones de estrés hídrico [14] se puede someter el proceso a bajas humedades para que el contaminante esté en mayor contacto con el microorganismo.

Otro estudio realizado por [16] en el que se construyó un biofiltro empacado con perlita para la biodegradación de Metiletilcetona y Metil Isopropil Cetona arrojó resultados de máxima capacidad de eliminación de ambos compuestos en un orden de 44,2 y 35,2  $\text{g/m}^3$  respectivamente, usando un influente con una concentración de 200 ppm. Como se puede observar son resultados prometedores para la proporción del contaminante que está entrando en el biofiltro, eso considerando que los microorganismos que se usaron en su estudio presentaron una fase de adaptación e inhibición metabólica debido las altas concentraciones a la entrada.

Sin embargo, este estudio anteriormente descrito pone más pautas de que el proceso utilizado en este trabajo ha sido eficiente gracias al microorganismo en específico que se utilizó, al tiempo de adaptación y a las bajas concentraciones que se usaron, de esta manera el microorganismo puede consumir el contaminante sin pasar por una fase de inhibición.

Aparte de todo lo mencionado anteriormente, el hongo por sí solo presenta características muy específicas para el proceso de biodegradación. Las cetonas dentro del cuerpo humano se degradan mediante procesos enzimáticos en los cuales se intercambian grupos radicales  $-\text{OH}$  formando otros compuestos más simples y rompiendo la doble cadena de la cetona hasta formar productos de metabolismo general ( $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ). Las pruebas en hongos han demostrado que la MEC tiene un efecto estimulante muy leve sobre la germinación de uredosporas (esporas generadas a partir de la mitosis) [9], por lo que, al sobrevivir gracias a la formación de esclerocios o microesclerocios [14] su germinación es bastante efectiva ante concentraciones de MEC que no sean muy elevadas porque, como describió [16], bajo ciertas condiciones de temperatura ( $30^\circ\text{C}$ ) y

un influente altamente cargado con el contaminante se puede inhibir el crecimiento de los microorganismos que se puedan usar dentro del biofiltro.

La actividad enzimática también es muy importante de mencionar en este proceso para contrastar el efecto metabólico que tiene el hongo para poder eliminar el contaminante modelo. Como ya se mencionó anteriormente, la MEC se puede degradar dentro del sistema humano mediante procesos enzimáticos, aparte de que, en general, las cetonas son de los compuestos carbonados que tienen una biodegradabilidad rápida [9], gracias a su bajo número de carbonos [16].

Los enzimas constituyen la clase de moléculas proteicas más numerosa y especializada. Son los instrumentos primarios para expresar la acción de los genes, ya que catalizan los millares de reacciones químicas que, colectivamente, constituyen el metabolismo intermediario de las células [20]. Los hongos, principalmente los que son conocidos como patógenos o invasores, producen un largo número de enzimas degradadoras entre las que se incluyen pectinasas, xilanasas, celulasas, proteasas, oxidasas, etc. [21]. Gracias a esta cantidad de enzimas que se activan en hongos patógenos (como lo es *M. phaseolina*) es que se puede llevar a cabo el proceso de degradación y posterior eliminación del contaminante modelo gracias a un proceso de catálisis enzimática también favorecida por temperaturas cercanas a los 37°C aproximadamente.

Por todas las características descritas anteriormente del microorganismo con el que se inoculó el biofiltro es que se puede observar que su actividad enzimática por parte de las oxigenasas que puede producir se va a ver favorecida a temperaturas más altas, esto coincidiendo con el hecho de que el proceso de estrés hídrico mejora incluso su capacidad infecciosa sobre medios ligninolíticos y con alto contenido en celulosa, reduciendo de esta manera una posible mezcla entre el contaminante y el medio humidificador gracias a que se tienen temperaturas más altas y bajas humedades. El proceso de la acción enzimática de la oxigenasa favorece la formación de ácidos carboxílicos y alcoholes al modificar la estructura de la cetona en cuestión, por lo tanto, a pesar de formar un compuesto de más alto peso molecular y un producto secundario, son compuestos que son igual de sencillos de metabolizar por el resto de las enzimas presentes y formar los compuestos más simples que se esperan del biofiltro (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y biomasa).

Los estudios realizados por los autores no solo han demostrado que la Metiletilcetona es un compuesto que se puede degradar y eliminar fácilmente en determinadas condiciones por procesos de biofiltración, ya sea usando hongos en específico como es el caso del estudio de [8] o usando consorcios microbianos como lo hicieron [9, 16], sino que también se puede contrastar el hecho de que *Macrophomina phaseolina* por todos sus procesos de fácil adaptación al medio, condiciones extremas de crecimiento y ventajas en procesos metabólicos, puede eliminar el contaminante modelo y tiene la capacidad de hacerlo con otra clase de COV's como lo mostró [13], generando procesos de biofiltración altamente eficientes.

La Tabla 1 resume el porcentaje de eficiencia de eliminación para ambas concentraciones, donde se puede observar que la degradación de los 3 mg. L<sup>-1</sup> es mayor en un 25% con respecto a 1 mg. L<sup>-1</sup>, lo anterior se puede abordar desde dos perspectivas diferentes: la primera es tomando en cuenta todas las condiciones ambientales expuestas anteriormente, y la segunda es en base a los diferentes tiempos de adaptación que tuvo el hongo dentro del biofiltro.

**Tabla 1.** Resultados promedio de temperatura, humedad y eficiencia de eliminación para cada una de las concentraciones de MEC dentro del biofiltro

Concentración	Promedio de temperatura (°C)	Promedio de humedad (%)	Promedio de eficiencia de eliminación (%)
1 mg.L <sup>-1</sup>	24,74	44,25	63,79
3 mg.L <sup>-1</sup>	25,18	41,54	88,15

El hongo escogido para este proceso, *M. phaseolina*, es un hongo responsable de la pudrición carbonosa que afecta a cultivos agrícolas generando pérdidas de productos y pérdidas económicas año con año [17]. Precisamente por las características de invasión y desarrollo que tiene este hongo fue que se decidió utilizarlo para el proceso de biofiltración. *Arachis hypogaea* es el maní o cacahuate, por lo que este hongo tiene afinidad por crecer en esta especie; por otro lado, el contaminante también presenta buenas

características de interacción con el hongo, esto debido a que la MEC es un compuesto con un número de carbonos bajos y, por lo tanto, es un compuesto más sencillo de biodegradar por los microorganismos [20].

### 3.3 Condiciones ambientales de operación

En la tabla 1 se pueden observar los diferentes resultados obtenidos de las mediciones promedio de temperatura, humedad (%) y la eficiencia de eliminación (%) de cada una de las concentraciones influentes en el biofiltro. Dichos parámetros mencionados son importantes de determinar dado que con ello se puede observar las mejores condiciones de trabajo metabólico del microorganismo inoculado (*M. phaseolina*).

Como se observa en la Tabla 1, hay un ligero cambio de la temperatura promedio del biofiltro de la concentración de 1 mg/L con respecto a la de 3 mg. L<sup>-1</sup>. A pesar de que el cambio de temperatura entre ambos influentes es relativamente pequeño (0,5°C aproximadamente), recordemos que los cambios de temperatura para los microorganismos pueden influir en su crecimiento y por lo tanto en su actividad metabólica.

Los microorganismos están muy distribuidos en la naturaleza, en ambientes tan variables como los suelos, aguas, aire, superficie de vegetales, en animales e incluso en el hombre. El carácter mayoritariamente unicelular o muy simple de los microorganismos los hace muy vulnerables a cambios en el ambiente. En los microorganismos toda su superficie celular está en contacto con el ambiente y cambios muy marcados en factores como la temperatura, acidez, presión osmótica, concentración de sustancias químicas, pueden detener procesos microbianos [21].

A pesar de que, como se mencionó, el cambio de temperatura no es tan alto entre una concentración y otra, mantener una temperatura aproximadamente ambiente favorece el paso rápido de la fase líquida a gaseosa del contaminante gracias a su propiedad de ser altamente volátil [9]. Por otro lado, variar la temperatura para elevarlas puede traer, y como se ve en la Tabla 1, beneficios para el proceso de eliminación.

Para garantizar el crecimiento de hongos, el contenido de humedad debe ser alto, alrededor del 94 - 96 %, y la temperatura puede variar entre 10 y 40°C [20]. La temperatura ambiental que se mantuvo dentro del biofiltro fue la ideal para el crecimiento óptimo del hongo; el porcentaje de humedad se tuvo que mantener entre el 40% o menos debido a que la MEC es un líquido altamente soluble en agua [9], por lo que si se mantenían valores más altos de humedad podrían favorecer que el contaminante sintiera mayor afinidad por el agua que por estar adsorbido en la biopelícula, o incluso se pudieron haber obtenido lixiviados indeseables con alto contenido del contaminante debido a su solubilidad.

Aparte, *M. phaseolina* es un hongo que se adapta a diferentes condiciones ambientales [16], gracias a que forma esclerocios [17] como estructura de resistencia, sobreviven en el suelo y son difíciles de destruir lo que se favorece su desarrollo bajo condiciones de déficit hídrico y altas temperaturas [16]. Por lo anterior dicho, el hecho de aumentar la temperatura, aunque sea de una manera muy gradual y que la humedad se mantenga en un 40% o menos, gracias al comportamiento natural que tiene el hongo, puede favorecer procesos de degradación mejores a que si se tuvieran condiciones ambientales diferentes.

El hecho de que el contaminante sea altamente hidrofílico favorece también esta parte del proceso, ya que se deben de mantener de manera forzosa niveles de humedad tales que no generen una mezcla del contaminante con el medio humidificador (caldo soya tripticaseína), sino que se vea favorecida la interacción entre el contaminante y la biopelícula. Un porcentaje de 40% de humedad favorece el transporte del contaminante hacia la biopelícula, y, por lo tanto, permite que esté más accesible para los microorganismos [12].

## 4. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales que se mantuvieron dentro del biofiltro fueron las adecuadas para que el microorganismo utilizado creciera sobre todo el material de empaque y pudiera cumplir con su función metabólica con el contaminante modelo.

El porcentaje de eficiencia de eliminación dentro del biofiltro empacado con vaina de cacahuate e inoculado con *M. phaseolina* tienen un orden de 50 – 70% para concentraciones de 1 mg/L, y de 90 – 98% para concentraciones de 3 mg/L, siendo así que, comparado con metodologías similares, el biofiltro presente una buena eficiencia de eliminación.

Desarrollar el proceso de biofiltración con temperaturas más altas o con bajos porcentajes de humedad puede favorecer más la eliminación del contaminante por las buenas características de crecimiento, adaptación y metabolismo del hongo bajo dichas condiciones, aparte de que se puede favorecer más la interacción del contaminante modelo con la biopelícula y se reduce la posibilidad de formación de lixiviados con contenidos significativos del mismo.

El biofiltro desarrollado en este estudio, bajo las condiciones ambientales y de operación que se mantuvo, permitió mitigar la concentración de Metiletilcetona en un ambiente controlado, un contaminante encontrado en bajas concentraciones en el ambiente a comparación de otros, pero de importancia para la salud humana y ambiental, reduciendo así uno de los COV que generan el efecto invernadero.

## REFERENCIAS

- [1] Amieva J. et al. (2016). Registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México.
- [2] Vergara A. et al. (2018). Biofiltration of volatile organic compounds using fungi and its conceptual mathematical modeling. *Biotechnology Advances* 36, 1079–1093.
- [3] Admassu M. y Wubeshet M. (2005). Lecture notes for environmental health science students: Air pollution. Universidad de Gondar.
- [4] Magaña M. et al. (2015). Evaluación de compuestos orgánicos volátiles en la zona metropolitana del valle de México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- [5] EPA. (2023). Descripción general de los gases de efecto invernadero. Environmental Pollution Agency
- [6] CIAT. (2016). Inventario de Gases de efecto invernadero y contaminantes criterio para Santiago de Cali.
- [7] Benavides H. y León G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- [8] Sun Z. (2020). Enhancing biofilm formation in biofilters for benzene, toluene, methylbenzene, and xylene removal by modifying the packing material Surface. *Bioresource Technology* 296, 1–7.
- [9] Gaitán M. et al. (2021). Guía nacional para el control, monitoreo y seguimiento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- [10] Agathos S. et al. (1997). Gas-phase methyl ethyl ketone biodegradation in a tubular biofilm reactor: Microbiological and bioprocess aspects. *Biodegradation* 8, 251–264.
- [11] WHO. (1993). Environmental health criteria 143: Methyl ethyl ketone. World Health Organisation
- [12] Gutiérrez O. (2009). Efecto del material de empaque en la biofiltración de una mezcla de vapores de hexano, tolueno y metil-etil-cetona. Tesis de maestría. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. México.
- [13] Rodela Z. (2021). Toxicidad del efluente gaseoso del biofiltro en la biodegradación del tolueno por *Macrophomina phaseolina*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- [14] Cuevas J. (2016). Los hongos: Héroes y villanos de la prosperidad humana. *Revista dig. universitaria* 9(17), 1–10.
- [15] Loera P. et al. (2016). Biodegradación de compuestos aromáticos. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 7(3), 1–13.
- [16] Torrealba J. et al. (2015). La pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*) en soya y su manejo mediante aplicaciones de *Trichoderma* spp. y *Rhizobium* sp. *Bioagro* 3(27), 159–166.
- [17] Orrego A. (2009). *Macrophomina phaseolina*, hongo causante de la pudrición carbonosa del tallo. Instituto de Biotecnología Agrícola INBIO.
- [18] Chang W. y Peng K. (2008). Biodegradation of methyl ethyl ketone and methyl isopropyl ketone in a composite bead biofilter. *Engineering in Life Sciences* 2(8), 167–174.
- [19] Frioni L. (2006). Microbiología: Básica, ambiental y agrícola. Universidad de la República.
- [20] Wirth A. et al. (2019). Análisis sobre el crecimiento de hongos en diferentes revestimientos aplicados a sistemas ligeros. *Revista Ingeniería de Construcción* 34(1), 5–14.
- [21] Garrido A. et al. (2016). Eventos tempranos en el proceso de infección de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. en raíces de plántulas de *Pinus radiata* D. Don y sus efectos en la eficiencia fotosintética como indicador de estrés biótico. *Gayana Botánica* 73(2), 430–437.
- [22] Carbonero P. (1975). Enzimas. Universidad Politécnica de Madrid.
- [23] Tonukari N. (2003). Enzymes and fungal virulence. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 7(1), 5–8.

# Área de Educación

*Por un Sistema de Educación que realmente forme personas y  
capacite profesionales*

# Motivación hacia la lectura durante la trayectoria escolar

Olga Lucía Bohórquez Urrego<sup>1</sup>

Francisco Javier Cartes Arenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Gimnasio Campestre Victorioso, Colombia*

<sup>2</sup> *Universidad Arturo Prat, Chile*

A través de la investigación se pretende conocer cuál ha sido la motivación hacia la lectura que han tenido durante su trayectoria escolar algunos estudiantes de la institución Colegio Victorioso, Colombia. Entre los investigadores-autores acerca de este tema se tiene a Juan Mata, quien define la motivación hacia la lectura como un impulso que mueve a alguien a acercarse a un libro y leerlo con atención y gozo (...) la intensidad de lo que se espera alcanzar y la dimensión de lo que se consigue determina y alimenta la motivación. La metodología de este trabajo se sitúa en un estudio de tipo descriptivo, ya que se presenta una visión general aproximada respecto a la motivación hacia la lectura que tienen estudiantes. Uno de los resultados es que la mayoría de estudiantes que participaron han sido enseñados y motivados desde muy pequeños en sus casas, y han tenido como ejemplo a sus padres o acudientes y sus profesores desde los primeros años escolares, lo que les ha permitido seguir motivados por leer cualquier tipo de textos. Varios factores hacen que los estudiantes se motiven hacia la lectura: inculcado desde casa, los profesores y la actitud frente a la misma.

---

<sup>1</sup> Magíster en Gestión e Innovación de Instituciones Educativas. Contacto: [institucioncolegiovictorioso@gmail.com](mailto:institucioncolegiovictorioso@gmail.com)

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)



## 1. INTRODUCCIÓN

Hay una preocupación en cuanto a la motivación a la lectura que presentan niños y jóvenes, tanto en Colombia como en los países latinoamericanos. Esta es una problemática que se aborda con urgencia en instituciones educativas aunando esfuerzos a través de estrategias innovadoras que motiven a los chicos a leer textos tanto literarios como académicos. En investigaciones tales como [1] revelan que:

*En países como Colombia, Venezuela, Chile, Argentina, Brasil y Ecuador los índices de lectura en la población en general han disminuido drásticamente en los años recientes; en Colombia, por ejemplo, de acuerdo con una reciente encuesta nacional, el 40% de los colombianos manifestaron que no leen libros por falta de hábitos, otro 22% externo que no lee por falta de tiempo y dinero para comprar libros. Venezuela por su parte reconoce que, si se compararan las capacidades lectoras de sus estudiantes con sus similares de Finlandia o de los Estados Unidos, el 90% de los jóvenes venezolanos quedarían muy por debajo de las capacidades de lectura adquiridas por estos estudiantes.*

Este estudio tiene como objetivo contribuir a la Institución Educativa Colegio Victorioso, Colombia, especialmente a los profesores y directivos a entender que la mayoría de las estudiantes, específicamente de los grados superiores necesitan ser motivados a desarrollar hábitos lectores, porque muchos de ellos solo leen cuando son obligados en el área de Lengua Castellana, por una nota o porque deben cumplir con un plan de estudios establecido para cada grado escolar.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Aspectos conceptuales

En [2] se define *lectura* como *la acción de leer*, leer significa *entender o interpretar un texto de determinado modo*. Bajo el concepto de lectura podemos citar entre otros autores a:

En [3] define la lectura como:

*El proceso mediante el cual se comprende el lenguaje escrito, en esta comprensión interviene tanto el texto, su forma y su contenido como el lector, sus expectativas y conocimientos previos. Para este ejercicio de lectura, se necesita, simultáneamente, manejar con soltura las habilidades de decodificación y aportar al texto los objetivos, ideas y experiencias previas; es necesario implicarse en un proceso de predicción e inferencia continua, que se apoya en la información que aporta el texto y en el propio bagaje del lector, y en un proceso que permita encontrar evidencia o rechazar las predicciones o inferencias de que se habla.*

Para [4] la lectura es un instrumento potente de aprendizaje, porque leyendo libros, periódicos o papeles se puede aprender cualquiera de las disciplinas del saber humano. Es decir, que esta se convierte en aprendizaje para la escolarización y crecimiento intelectual de las personas. De este modo los niños y jóvenes al estar inmersos en el mundo de la lectura, aprenden cultura, saberes nuevos, esto se logra como dice el autor a través de la lectura de diferentes tipos de textos.

Según [5] la lectura circula por una revisión crítica del mundo destinada a su comprensión. El acto de leer se configura en una búsqueda por tratar de comprender el contexto social mediante la asociación de la experiencia escolar con la cotidianidad del estudiante. Este autor afirma que el proceso de leer implica tres elementos ineludibles y constitutivos que dan forma y sentido a la acción del sujeto sobre el objeto o código representacional, estos son: percepción crítica, interpretación y reescritura. En [6] define la lectura:

*Como un proceso interactivo de comunicación en el que se establece una relación entre el texto y el lector, quien al procesarlo como lenguaje e interiorizarlo, construye su propio significado. En este ámbito, la lectura se constituye en un proceso constructivo al reconocerse que el significado no es una propiedad del texto, sino que el lector lo construye mediante un proceso de transacción flexible en el que conforme va leyendo, le va otorgando sentido particular al texto según sus conocimientos y experiencias en un determinado contexto.*

Ahora bien, en el contexto del significado de la lectura y su valor en el crecimiento y formación del ser humano, no solamente como intelectual sino como un ser íntegro, capacitado para el desarrollo de actividades sociales, científicas y culturales al interior de su comunidad, podemos hablar de seis tipos de lectura, los que serán expuestos a continuación.

## 2.2 Tipos de lectura

### 2.2.1 Lectura silenciosa

Es la que realiza cualquier estudiante o persona de manera individual y personal, dedicando un tiempo a leer sin interrupciones de ninguna índole, en lo posible en un lugar alejado de cualquier ruido para concentrarse en lo que lee, además, puede escoger el tipo de texto, el tema que sea de su agrado:

*La lectura silenciosa supera por mucho la capacidad de comprensión del lector a la de la oral, ya que se reproducen un número superior de palabras, a mayor velocidad y con más claridad. Es un instrumento más económico y efectivo para la asimilación del pensamiento de un pasaje. Y, además, es la de mayor uso en la vida individual y social [7].*

Se realiza sin emitir ningún sonido o palabra. Es innecesaria la preocupación por la pronunciación ni por la flexión de la voz, ya que la atención del lector se concentra de manera íntegra en el sentido del texto que lee. Es mucho más eficaz a la hora de la asimilación de información verbal que la lectura oral, favoreciendo al que aprende en su rendimiento. Cuando se practica este tipo de lectura el aparato fonador de la persona que lee no cumple ninguna función, porque al no emitir sonidos no se realizan movimientos corporales con las cuerdas vocales, ni los labios ni la lengua. El tipo de vocalización es interior, donde el lector se dice a sí mismo cada palabra, pronunciando y escuchando [7].

### 2.2.2 Lectura creativa

Como su nombre lo dice, es la que se hace por entretenimiento o disfrute [7], es placentera, también se conoce como *lectura literaria* como las poesías, los poemas, los mitos, cuentos, leyendas, entre otros, con este tipo de lectura se goza del contenido del texto, se conoce más acerca de una historia. Tiene gran acogida entre los niños y jóvenes por su diversidad de contenido, además, porque en este tipo de lectura no hay lugar para las reglas o técnicas. Cada persona podrá leer el texto de la manera que le resulte más conveniente, porque se trata es de disfrutar, de gozar, entretenerse de manera placentera, en el contenido del texto logrando así una mejor comprensión de lo que se lee a la vez que se adquieren habilidades de escritura, ortografía y gramática.

### 2.2.3 Lectura superficial

Este tipo de lectura se realiza cuando se hojea rápidamente un texto, una revista, un folleto con el fin de obtener información general del contenido de dicho libro, revista o de lo que se desee leer [7]. Sirve para obtener información general acerca de un tema o para buscar un dato en particular.

### 2.2.4 Lectura comprensiva

En este tipo de lectura el individuo debe comprender la totalidad del texto, si es necesario releerlo se debe hacer, el lector se debe esforzar por comprenderlo, si hay términos desconocidos que le impidan entenderlo es necesario buscar ayuda, de esta manera adquirirá mayor conocimiento [7]. Con los niños pequeños es muy importante desde sus inicios entrenarlos en la comprensión de los textos que leen, a través de preguntas de textos cortos, de imágenes, etc. La mayoría de las personas saben leer, pero no todos interpretan y comprenden lo que leen, muchos al preguntarles sobre el texto leído no lo comprenden, porque leen de forma mecánica, es decir, leen por leer.

Existe una problemática en cuanto a la comprensión lectora entre los estudiantes, puesto que, aunque saben leer, tienen una idea aproximada del contenido del texto, no logran asimilar una parte de la lectura (palabras desconocidas, desconocen el sentido figurado del lenguaje, expresiones cultas que no conocen, etc.), lo que se convierte en un problema educativo.

### 2.2.5 Lectura reflexiva

Este tipo de lectura a diferencia de la comprensiva a medida que se está leyendo va creando en el lector un sinnúmero de ideas, imágenes, para generar nuevos conceptos, proyectos, la lectura reflexiva, por tanto, es

más exhaustiva, y su riqueza está en las reflexiones acerca del contenido que el lector hace a través de este proceso [7]. Además, en este tipo de lectura lo que cuenta es la riqueza de las reflexiones realizadas a través del proceso. Aplicamos esta lectura para aprender, investigar temas científicos, estudiar textos escolares, publicaciones estructuradas, etc., exige con relación a la lectura comprensiva, mayor capacidad de análisis y reflexión.

### 2.2.6 Lectura crítica

Este tipo de lectura exige al lector analizar y evaluar la autenticidad de lo que lee para detectar lo que posiblemente está oculto en el texto [7]. Es importante al hacer este tipo de lectura conocer el tema para contrastar el contenido del texto con los saberes previos, para evaluar lo que se sabe y lo que se lee, enriqueciendo los conceptos. Este tipo de lectura es lenta, ya que el lector necesita evaluar y validar, aceptar o refutar, cambiar o mantener, la autenticidad de lo que lee; debe tener la capacidad de interpretar lo que lee y realizar juicios sobre la información que leyó.

### 2.3 Motivación hacia la lectura

Un buen proceso de lectura implica, casi que la transversalidad de cada uno de esos tipos de lectura; no se puede extraer lo sumo de un texto, si no se utiliza implícitamente cada una de las herramientas de la lectura. En esa dirección un individuo debe ser capaz de hacer una lectura silenciosa, mientras se recrea o disfruta el texto, comprendiendo el significado de la misma, manteniendo puntos de comparación cognitivos, de profundidad según sea el tema y bajo criterios propios que ha adquirido a través del estudio de las ciencias y la propia vida; aún más; se debe tener la capacidad de defender su postura generando una crítica focalizada en el desarrollo de cualquiera que fuere la lectura con el objetivo de rendir ante ella la posibilidad de aumentar sus conocimientos y fortalecer sus dones y destrezas como ciudadano.

Quizás parezca una mera presunción la idea de crear lectores competentes que usen adecuadamente las herramientas y tipos de lectura. Sin embargo, ese es el reto que tiene cada uno de los profesores de lengua castellana y orientadores de lectura en las instituciones educativas tanto de básica primaria como secundaria y media. ¿Se podría hablar entonces de la titánica tarea de motivar a los educandos hacia el aprendizaje del buen uso de la lectura? Quizás ese podría ser el inicio de un no muy largo camino para que estudiantes no solo del Colegio Victorioso sino también de otras instituciones educativas despierten el gusto o motivación por la lectura de diferentes tipos de literatura.

La motivación hacia la lectura ha sido un tema que ha estado y está presente en nuestra educación actual y de manera globalizada, afectando los procesos académicos de los niños y jóvenes, especialmente como en este caso, en los estudiantes de secundaria y media, puesto que los estudiantes no sienten ninguna motivación por leer, especialmente los textos que son impuestos por los profesores como textos obligatorios, muchos de ellos los leen como un requisito para cumplir y por una nota para la asignatura. Si no hay motivación, difícilmente habrá comprensión del texto que leen, entonces no se logra cumplir con el objetivo de que los estudiantes lean por placer, entendiendo y comprendiendo el texto que leen.

Una situación que impide que los estudiantes se motiven por leer los textos de lectura es que estos en la mayoría de los casos son impuestos por los profesores de acuerdo a un plan de estudios establecido por la institución educativa, sin tener en cuenta que los temas sean de interés para los estudiantes; por este motivo, en la institución educativa Colegio Victorioso de Villavicencio, se realizó una propuesta que fue bien recibida por los padres de familia y estudiantes y es que se ha establecido dentro del horario académico una hora de lectura libre en la biblioteca de la institución.

Se puede evidenciar que un estudiante que disfruta de la lectura de un texto, lo analiza, lo comprende, es un estudiante que quizá ha desarrollado un buen hábito de leer, quizá porque en casa ha sido orientado por sus padres o en la escuela guiado por un educador apasionado por la lectura y que haya sido un modelo para sus estudiantes. Tristemente en la actualidad se puede observar que hay profesores que no leen, que no van más allá de leer lo que necesitan para dictar sus clases, pero no son motivados a disfrutar de la lectura de un buen texto.

En este tiempo de confinamiento por Covid-19, este proceso de motivación hacia la lectura, ha sido un poco más complejo, sin embargo, es una realidad que los niños y jóvenes han tenido que leer un poco más, porque los profesores dictan sus clases de manera virtual pero ellos deben ir a los textos de trabajo, leer, resaltar ideas principales y responder la actividad que asignan sus profesores, esto ha llevado a generar estrés y falta de motivación no solo por la lectura sino por la academia en general, debido a la situación de trabajo virtual, que para muchos estudiantes no ha sido fácil.

Se pretende con esta investigación motivar a los estudiantes en cuanto a la lectura, mostrándoles que el acto de leer lo realizan de manera cotidiana, cuando leen mensajes de WhatsApp, el Facebook, las noticias, las historietas, pero que en cuanto a la lectura de textos académicos y literarios se hará de una manera diferente, serán lecturas selectivas, que se harán de manera lenta, moderada y comprendiendo las claves que el mismo texto da para su comprensión. Además, es importante que los chicos y jóvenes desarrollen el gusto por leer y que lo hagan de manera placentera no solo en la escuela sino también en sus casas de una manera libre, es decir, tienen la libertad de leer por gusto sus temas de interés.

Para comenzar con este concepto se debe definir en que consiste la *motivación hacia la lectura* y, para ello, en [8] se otorga una definición muy concisa:

*Un impulso que mueve a alguien, en el caso que nos ocupa, a acercarse a un libro y leerlo con atención y gozo (...) La intensidad de lo que se espera alcanzar y la dimensión de lo que se consigue determina y alimenta la motivación. Las emociones no son ajenas a ese movimiento del ánimo. Saber dar motivos para leer, que es el fundamento de la motivación, es un arte que incumbe a todos los que se relacionan con niños, pero especialmente a los profesores.*

En [8] también se afirma que *la comprensión lectora es un requisito básico para que la lectura no se convierta en un obstáculo a la hora de abordar objetivos más ambiciosos* en la actualidad se observa un número considerable de estudiantes de secundaria de la Institución Colegio victorioso, que presentan niveles insuficientes de lectura (al leer en voz alta se traban, se enredan, omiten letras, no comprenden un texto corto que leen...) lo que ha llevado a elaborar el plan de lectura que se está trabajando desde el año pasado y consistía en que una vez a la semana los estudiantes por grados, tenían una hora establecida donde los padres podían ir a la institución y escoger con sus hijos un texto de la biblioteca y leer en cualquier espacio del colegio, mientras compartían un buen café con sus padres.

Se ha seguido trabajando en el plan de motivar a los chicos por la lectura, en su hora de comprensión lectora donde el profesor ha flexibilizado para que los estudiantes lean el texto que sea de su interés (dos o tres títulos y todos lo leen) y en un tiempo establecido realizan de manera virtual un centro literario donde la mayoría participan dando buenos resultados, y se les motiva a que en sus tiempos libres disfruten la lectura de un buen texto en casa.

Para tener más claro el concepto de motivación hacia la lectura, es importante saber qué se entiende por lectura; la lectura se concibe como *proceso* y como *contenido*. Se concibe como proceso, cuando se entiende como la acción de leer, de interpretar el sentido de un texto; y como contenido, cuando se entiende como el objeto de tal acción, el texto o contenido que se lee. En [9] afirma que las dos perspectivas se complementan, ya que la finalidad, el modo y los instrumentos que se relacionan con el acto de leer, están condicionados de forma directa por su contenido.

Para [3], *leer es un proceso de interacción entre el lector y el texto, proceso mediante el cual el primero intenta satisfacer u obtener una información pertinente para los objetivos que guían su lectura*. Y continúa, siguiendo la idea de Colomer y Camps anteriormente mencionada, que decían que leer es el proceso mediante el cual se comprende el lenguaje escrito. En esta comprensión intervienen tanto el texto, su forma y su contenido, como el lector, sus expectativas y sus conocimientos previos:

*Para leer necesitamos, simultáneamente, manejar con soltura las habilidades de descodificación y aportar al texto nuestros objetivos, ideas y experiencias previas; necesitamos implicarnos en un proceso de predicción e inferencia continua, que se apoya en la información que aporta el texto y en nuestro propio bagaje, y en un proceso que permita encontrar evidencia o rechazar las predicciones e inferencias de que se hablaba [10].*

De acuerdo con lo anterior, cuando se lee, es necesario razonar e interiorizar aquello que se está procesando a medida que se realiza la lectura, es decir, que la lectura no puede tomarse solamente como un acto mecánico de desciframiento de caracteres, sino que se constituye en un proceso un tanto complejo, en el que el lector interpreta poniendo a prueba sus conocimientos, su experiencia, su competencia léxica y gramatical, etc.

Sin embargo, es necesario que los profesores, profesores y directivos de las Instituciones Educativas asuman esta gran responsabilidad y es que aparte de enseñar a leer y escribir a los estudiantes, deben buscar estrategias de motivación que despierten en ellos el interés hacia la lectura, esto se debe hacer desde los primeros años escolares hasta la secundaria y media. De esta manera irán formando hábitos lectores, que luego se convertirán en gusto, placer, deseo o motivación por leer diferentes tipos de textos: literarios, científicos o filosóficos.

No obstante, es tarea compleja, en estos tiempos incentivar a la lectura a jóvenes y adolescentes, ya que es un desafío que incluye además de su entorno familiar, a los profesores y demás autoridades educativas del país; porque si se desarrollan hábitos lectores, se motiva a los niños desde temprana edad a amar la lectura inicialmente de cuentos, historias, concursos donde se relaten historias, esto dará resultados positivos en el gusto de los niños, jóvenes y adolescentes por la lectura.

Es importante, además, que los chicos tengan la oportunidad de escoger el texto que deseen leer, ya que los gustos en las diferentes etapas escolares van cambiando, por ejemplo, los más pequeños sus historias preferidas son de aventuras y magia; las niñas por lo general buscan lecturas con personajes mágicos y con algo de romance. Los adolescentes y jóvenes son atraídos por textos de acción, relatos donde se mezclan historias reales y fantásticas, además de novelas juveniles que los acercan a una riqueza literaria sin límites.

## **2.4 Tipos de motivación**

### **2.4.1 Motivación intrínseca**

Según [11] esta motivación es la que nace del interior del individuo, en este caso del estudiante, que lee por disfrute o porque desea aprender sobre determinado tema, o temas que son de su interés. El estudiante que lee por gusto, por deleite, porque le nace hacerlo sin que nadie le esté indicando lo que debe leer. Es guiar, orientar al estudiante a leer los libros de su propio interés para que así disfrute de la lectura.

### **2.4.2 Motivación extrínseca**

Es aquella que se da desde afuera, se considera como un estímulo, incentivo o motivación que se da a un estudiante para que lea determinado texto, *se lee para saber* [12]. Se logra animando al estudiante, motivándolo por una nota, o premiándolo con algo que le guste. Es donde la labor del profesor o padre de familia juega un papel importante, porque debe mostrarse como modelo para que ellos lo imiten, con los pequeños puede ser que lea en voz alta para que los niños lo imiten.

Además, dar la oportunidad al estudiante de escoger el tema o libro que más le llama la atención, para ello y con el fin de despertar el gusto y motivación hacia la lectura, un buen ejercicio es asociar el tiempo destinado a la lectura con momentos especiales, por ejemplo llevarlos a la biblioteca del colegio para que escojan el libro y darles oportunidad de sentarse en el lugar que cada uno desee, siempre bajo el cuidado de los profesores, felicitarlos por los logros que alcanzan en lectura cada vez que lo hagan, de esta manera los estudiante se sentirán motivados para seguir haciéndolo.

### **2.4.3 Motivación de logro**

La ciencia de la psicología define la motivación de logro como: una fuerza interior que empuja a cada persona a aprovechar al máximo sus potenciales innatos, a entrenarlos y desarrollarlos de tal forma que pueda conseguir una serie de logros profesionales concretos como, por ejemplo: liderar un proyecto, dirigir una sucursal, etc.

Este tipo de motivación es innata en cada individuo, desde pequeño, es así como los niños desde muy temprana edad se motivan por determinados tipos de textos, donde en la escuela el profesor de preescolar y básica primaria juegan un papel muy importante en la motivación de estos pequeños por la lectura, inicialmente cuentos contados, historias narradas y lectura de imágenes. Y a medida que van creciendo puede ser que esa motivación aumente o desafortunadamente, se estanque. Si no hay una buena motivación por parte de sus profesores y padres de familia hacia la lectura, donde ellos aprendan con el ejemplo, seguramente seguirán perdiendo esa motivación de logro.

De esta manera se evidencia que, en este tipo de motivación influye significativamente el nivel académico, social y económico que tengan los padres para enseñar a sus hijos el gusto por la lectura, ya que, si ellos no encuentran ningún tipo de motivación por leer, tampoco lo enseñarán a sus hijos, entonces esta gran responsabilidad termina quedando en manos de los profesores quienes tienen la responsabilidad de potenciar en sus estudiantes el gusto y motivación por la lectura.

Es importante señalar que para que la motivación de logro permanezca y aumente en los estudiantes con el paso del tiempo, los padres de familia y profesores deben buscar estrategias que lleven a los niños y jóvenes a permanecer motivados por leer textos de diferentes temáticas, entre otras podría lograrse a través de talleres de lectura, concurso de cuentos, narraciones de historias y anécdotas.

En [13] se afirma que la motivación de logro es aquella que empuja y dirige de manera competitiva a la consecución exitosa, de una meta u objetivo reconocido socialmente. Desde este tipo de motivación, el ser humano se ve sometido a dos fuerzas contrapuestas. Por un lado, la motivación o necesidad de éxito o logro, y por otro la motivación o necesidad de evitar el fracaso o hacer el ridículo.

En el estudio [14] se argumenta que la motivación de logro es un tipo de motivación intrínseca, la cual se desarrolla más en la etapa universitaria ya que es ahí donde se disminuye el control sobre los estudiantes y se favorece en mayor medida la autonomía. También se evidenció como un condicionante de la motivación intrínseca la disponibilidad del apoyo emocional y la posibilidad de establecer relaciones personales positivas. Garrido concluyó que los estudiantes intrínsecamente motivados tienen más éxito en el campo educativo.

La motivación de logro en relación con la lectura implica, por lo tanto, el interés o necesidad de leer para sentirse competente, auto-realizado al desarrollar la actividad, y percibir que se es capaz de lograr una meta con éxito, motivación que es de alguna manera desarrollada a partir del ejemplo que los estudiantes ven en sus padres y primeros cuidadores.

Asimismo, es preciso diferenciar en relación con la motivación de logro [15], dos metas dentro de lo que Atkinson consideraba como deseo de éxito: el deseo de aprender y el deseo de experimentar el éxito recibiendo – de sí mismo o de otros- un juicio positivo de competencia. Por otro lado, en [16] se hace referencia a las atribuciones o explicaciones que un sujeto se da a sí mismo de sus éxitos y fracasos, indicando, de manera general, que los sujetos con alta motivación de logro atribuyen el fracaso a la falta de esfuerzo, causa percibida como variable controlable, y no a la falta de habilidad, causa percibida como estable. Este patrón aparece claramente entre los 11 y 12 años.

## **2.5 Influencia del ambiente familiar en la motivación por la lectura**

Se puede afirmar que el ambiente o entorno familiar en el que viven los estudiantes juega un papel muy importante en la motivación por la lectura, si hay unos padres que constantemente leen, que invierten en libros, que visitan las bibliotecas, que leen el periódico diaria o semanalmente, esto va despertando de manera sutil en los hijos el gusto por leer, se van desarrollando los hábitos lectores. Considerando que para que haya motivación primero se han de desarrollar hábitos de lectura y con ello la Comprensión lectora; si un joven o adolescente no comprende lo que lee difícilmente va a querer seguir leyendo.

[17] refiere que el lector no nace, pero él no lector tampoco nace y en una familia en que los padres son lectores y en que haya hábitos de compra y lectura de libros, es más fácil que los hijos sean lectores. No es

determinante, pero todos los estudios que existen dicen que, en un ambiente familiar lector, es más fácil la creación de hábitos lectores en los hijos y al desarrollar hábitos habrá motivación.

De la misma manera, [18] señala que los padres son los primeros y más influyentes profesores de sus hijos y la conversación parece ser un mejor vehículo para aprender a leer, a pensar y a entender. Cuando los padres les leen a sus hijos desde que son muy pequeños, van formando en ellos el hábito lector. Los padres pueden estimular la lectura placentera y libre, desde que son muy pequeños dándoles la oportunidad de gozar el disfrute de imágenes de colores, haciendo de los libros parte importante del hogar, ofreciendo libros y revistas como regalos, visitando librerías y bibliotecas.

Sin embargo, la formación del hábito de lectura es bastante complejo, según [19]. Los hábitos de lectura son más complejos de estudiar que todos los demás, la observación directa del comportamiento no revela más que la postura y no el acto de lectura, del que no es más que la apariencia, a menudo engañosa. Pero si los estudiantes observan a sus padres leyendo, comprando, regalando, o prestando libros, si no tienen la forma de comprarlos, de alguna manera eso va despertando la motivación por leer.

## 2.6 Juventud y lectura

Es evidente que, para nuestros jóvenes y adolescentes, por situación de pandemia Covid-19, la comunicación digital ha revolucionado, porque ha sido la forma en que les tocó apropiarse de nuevos contenidos, apoyándose también con los textos en físico, los modos de leer y escribir, inclusive, el modo de pensar, porque muchas actividades que se hacían en el aula de clase pasaron a ser hechas frente a un computador, pero estos medios electrónicos envuelven a los adolescentes y jóvenes en cualquier actividad (juegos en línea) menos en la lectura que es primordial para mejorar el aprendizaje y la capacidad de sostener una comunicación con otras personas.

En [20] se sugiere que esta revolución tecnológica nos lleva a considerar como nuevos paradigmas de nuestros tiempos, la multiplicidad y la flexibilidad. Habla ella de un *yo fragmentado*, por lo tanto, múltiple. Además, señala que una visión unitaria del yo correspondía a una cultura tradicional con símbolos, instituciones y relaciones estables... la vieja noción unitaria del yo ya no es viable porque la cultura tradicional se ha disuelto e identifica un conjunto de respuestas.

Sin embargo, un elemento central en la formación del hábito de lectura, que es importante subrayar, es el factor afectivo, aspecto que trasciende o debe trascender en el tiempo y espacios. En [21] una antropóloga francesa, que ha orientado sus estudios hacia el importante papel de la lectura en el ámbito socio-cultural, en relación con la construcción de la identidad en los jóvenes, señala, asimismo, el importante papel del mediador en la práctica de la lectura. A lo que convendría añadir, pensando en los jóvenes, que la adolescencia es una etapa clave. Pero al ser una etapa que deben vivir, seguramente muchos de los valores que han sido enseñados permanecerán, para otros quizás, dejen ser influenciados por el contexto social y los amigos, despertando diferentes intereses.

Se afirma que, la lectura es un hábito de comunicación que permite desarrollar los pensamientos cognitivos e interactivos de cualquier lector, el leer permite construir con facilidad nuevos conocimientos. Según [6] la lectura se centra en el *saber leer, lograr que un texto escrito fuera leído adecuadamente por una persona, quería decir, saber descifrar.*

La falta de interés en los jóvenes por la lectura en ocasiones tiene que ver en el entorno en que se desenvuelven, porque no conocen el valor que tienen las letras en un libro y que este conjunto de letras, frases y conceptos le pueden ayudar a mejorar las actividades que diariamente realizan. Al no saber leer existe consecuencia en el aprendizaje como es una mala ortografía, la falta de cultura y la pérdida de habilidades comunicativas. Los adolescentes y jóvenes que han desarrollado gusto por la lectura, que se sienten atraídos por un libro, deben disponer del tiempo y el espacio para su lectura de manera que logren entender que la lectura es una actividad tranquila, que les ayuda a calmar la ansiedad y el estrés que por este tiempo están viviendo por tanta situación de pandemia y confinamiento.

Los jóvenes y adolescentes, que no leen constantemente y por gusto, no porque sean textos obligatorios de leer por una nota en determinada asignatura, no desarrollan capacidades lectoras lo que influye en bajos desempeños en su academia, porque no tienen un vasto vocabulario que les permita realizar buenos procesos, son estudiantes que escriben lo primero que encuentran en la red o en sus textos de trabajo, se les dificulta entender y comprender textos por cortos que estos sean, para producir con excelencia sus trabajos asignados.

Es preciso afirmar que, los profesores tienen la gran responsabilidad de enseñar a leer a los estudiantes para que ellos puedan comprender con facilidad y de forma adecuada cada uno de los temas que desarrollan en las diferentes asignaturas, esto se verá reflejado en un mejor proceso de aprendizaje de los chicos. La lectura, el gusto por leer, se debe utilizar como una estrategia de enseñanza-aprendizaje, al leer, las células del cerebro se estimulan y se desarrolla mejor el pensamiento cognitivo, es decir, que la capacidad de la mente aumenta y con ello la habilidad para comprender lo que se lee, permitiéndoles reconocer de manera correcta en un texto la idea principal, la intención del autor, etc.

La falta de interés o gusto por la lectura, los bajos niveles de comprensión, y las dificultades para poner por escrito ideas o pensamientos, situaciones que afectan a buena parte de la población colombiana, ha llevado a unir esfuerzos y a definir como una línea de acción prioritaria el desarrollar las condiciones para que, particularmente los niños y jóvenes, incorporen la lectura y la escritura a su vida cotidiana y puedan aprovecharlas para lograr mejores condiciones de vida y mayores oportunidades en el futuro.

La lectura y la escritura son herramientas necesarias para aprovechar las oportunidades que ofrece la sociedad actual. La lectura desarrolla el intelecto y permite ampliar los horizontes vitales. Es una forma de adquirir información y conocimientos y, en general, de acceder a la educación y a la cultura.

Una persona con capacidad para escribir y comunicar sus ideas tiene mayores posibilidades de participar de la vida social, cultural y económica y por lo tanto tiene mejores oportunidades para desarrollarse como persona y mejorar sus condiciones de vida y la de quienes lo rodean. Un país en el que su gente tiene la capacidad para leer, entender lo que lee y comunicar sus ideas es un país con condiciones para alcanzar mejores niveles de desarrollo y mayor competitividad [22].

### 3. MÉTODO

Se trata de un estudio fue descriptivo, ya que se pretende con ello dar una visión más general, de tipo aproximado, respecto a la situación de motivación hacia la lectura por parte de algunos estudiantes del Colegio Victorioso, desde la perspectiva del contexto. Además de obtener información, acumular datos y tabularlos los relaciona con condiciones y prácticas que tienen validez, opiniones de las personas, puntos de vista, actitudes y procesos en marcha.

El tipo de diseño de investigación de acuerdo con lo descrito anteriormente es el enfoque biográfico [23] que integra los relatos de toda una vida o de determinadas etapas o acontecimientos biográficos de relevancia de la persona estudiada. Este método consiste en la elaboración por parte del investigador de un estudio de caso de la vida de una o varias personas, en nuestro caso particular los estudiantes que harán parte de esta muestra, la cual podrá ser representada de diversa forma de elaboración y análisis.

#### 3.1 Instrumento

Se realizó esta investigación a través de un estudio de caso, se utilizó como instrumento la *Entrevista en profundidad*, dicha entrevista consta de 29 preguntas diseñadas para tal fin repartidas en 4 dimensiones:

- Dimensión 1: Lectura en la infancia.
  1. ¿Recuerda usted cómo aprendió a leer? ¿Quién le enseñó? ¿Cómo era su rutina de lectura en casa y en el colegio?
  2. ¿Recuerda usted en qué momento despertó el gusto por leer?



3. En casa, ¿Qué textos recuerdas que leías? ¿Quién le acompañaba en ese proceso? ¿Había algún texto especial de lectura en su casa?
  4. ¿Cuáles eran sus temas favoritos al momento de leer?
  5. ¿En su casa leían habitualmente sus padres, hermanos, otro familiar? ¿Recuerda que leían?
  6. ¿Qué o quienes crees que influyeron en su gusto o motivación por la lectura?
- Dimensión 2: Intereses y expectativas de lectura en el presente.
    7. ¿Por qué le gusta leer?
    8. ¿Reconoce cuál ha sido su motivación por la lectura en la época de la enseñanza básica? ¿Cómo mantiene esa motivación ahora en la etapa de educación media?
    9. ¿Qué encuentra de especial en la lectura que despierta en usted el gusto por seguir leyendo?
    10. ¿Cómo le gustaría que fuese el tiempo de lectura en el colegio?
    11. ¿Le gustaría que se hicieran clubes de lectura en horas y días específicos donde puedan disfrutar de ella en las zonas verdes del colegio?
    12. ¿Cuál considera que es el motivo por el que durante su trayectoria escolar disfrute de la lectura?
    13. ¿Considera importante que la biblioteca escolar esté disponible para ustedes a la hora de descanso para que lean libremente?
    14. ¿Cuáles son sus autores favoritos al momento de leer, en el presente? ¿Alguno en particular?
    15. ¿Qué estrategias de lectura emplea al leer un texto?
    16. ¿Cuándo encuentra alguna dificultad en la comprensión del contenido de un texto, que hace? ¿Cómo lo soluciona? ¿A quién acude?
    17. Anteriormente los colegios exigían leer en el plan lector ¿Cierta cantidad de libros por periodo académico, como fue en el caso de su colegio?
    18. En cuanto a las nuevas tecnologías de la comunicación y los textos digitales ¿Cuál es su opinión?
    19. ¿Considera que los textos digitales afectan positiva o negativamente la motivación por leer? ¿Por qué? ¿En su caso particular de qué manera le afecta y por qué?
    20. ¿Particularmente, le gusta más leer textos digitales o en medio físico? ¿Por qué?
  - Dimensión 3: Otros lectores.
    21. ¿Alguien le motivó con su ejemplo a leer? ¿En su casa? ¿En el colegio?
    22. ¿Qué o quienes crees que influyeron en su gusto o motivación por la lectura?
    23. ¿Recuerdas alguna lectura o texto que haya tenido un gran significado para usted? ¿Por qué?
    24. ¿Qué experiencias negativas ha encontrado al momento de leer? ¿Por qué?
  - Dimensión 4: Incentivar a las generaciones futuras en motivarse por la lectura.
    25. ¿Cree que el ambiente familiar y los hábitos en cuanto a la lectura son la base para que las futuras generaciones se motiven a leer?
    26. ¿Cree que el colegio es más importante que la casa para motivar a los niños a leer? ¿Por qué?
    27. ¿Cuál es su opinión en cuánto a los padres que obligan a sus hijos a leer los temas que consideran importantes para ellos?
    28. ¿Considera importante que el colegio ofrezca espacios de lectura a aire libre, donde los padres interactúen con sus niños, en el preescolar y la básica primaria? ¿Por qué?
    29. ¿De qué manera crees que se podría motivar entre los padres de familia el gusto por la lectura y de esta manera sean modelos para sus hijos?

### 3.2 Participantes

Esta investigación se realiza en la Institución Colegio Victorioso, ubicado en el kilómetro 2 vía Puerto López, vereda la Cecilia, Villavicencio, Colombia, donde el objetivo es el análisis en la motivación que han tenido algunos estudiantes hacia la lectura durante su trayectoria escolar. La muestra se basa en el principio de representación socio-estructural, que se refiere a que cada *miembro seleccionado representa un nivel diferenciado que ocupa en la estructura social del objeto de investigación* [24].

Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas saber, donde un alto porcentaje de estudiantes obtuvieron desempeño bajo especialmente en lenguaje, se solicitó a los profesores en consejo académico evaluar la situación, donde la mayoría de ellos expresaron que la cuestión de los chicos es que no leen detenidamente sus pruebas o que leen, pero no comprendan. A partir de ahí se solicitó que cada uno de ellos desde su asignatura (matemáticas, sociales, ciencias, lenguaje e inglés) reportaran quienes eran los estudiantes con mejor desempeño para evaluar con ellos sobre la estrategia que utilizaban para realizar sus pruebas.

De ahí se hizo la selección de la muestra, donde varios estudiantes obtuvieron buenos resultados, pero para este trabajo se decidió tomar los tres mejores lectores según, no solo los resultados de las pruebas sino el reporte del desempeño de estos estudiantes en todas las asignaturas dentro del aula de clase y también que son estudiantes que constantemente están leyendo en las horas de descanso.

Para esta muestra se tomaron dos estudiantes de grado décimo que son muy buenas lectoras, de acuerdo con lo expuesto por sus profesores y compañeros de clase, además, de tener en cuenta los resultados de las pruebas que presentan periódicamente, donde obtienen excelentes resultados; y un estudiante de octavo de básica secundaria, estos estudiantes tienen un rango de edades entre los 13 y los 15 años.

Se decidió escoger a los estudiantes con buenos hábitos lectores con el propósito de realizar esta investigación y poder mostrarles a los profesores, estudiantes y padres de familia la importancia de formar hábitos lectores en los niños desde muy pequeños, contarles cuentos, familiarizarlos con textos de su interés, fomentar espacios de lectura familiar para que cuando se enfrenten a su vida escolar y académica, sea placentero, obtendrán mejores resultados en su academia, teniendo en cuenta que la lectura es fundamental para un buen análisis y comprensión de textos, y en la institución educativa colegio Victorioso es transversal en todas las asignaturas.

### 3.3 Procedimiento

Para realizar la entrevista fue necesario solicitar permiso ante secretaria de salud y a los padres de familia, además de contar con toda la indumentaria exigida (overol anti-fluido, tapabocas, careta, guantes) y se aplicó de manera individual a cada participante. Antes de iniciar el proceso de entrevista se hizo un preámbulo, saludo, corta charla para explicar acerca de la entrevista.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Todas las categorías están relacionadas de una u otra manera con los objetivos de la investigación y el dar respuesta a las preguntas según el conocimiento y el criterio de cada uno de los entrevistados. Es así como a medida que avanza la entrevista se obtienen percepciones y aseveraciones que van dando claridad acerca de lo que se está investigando y que permiten la codificación de estas categorías con el fin de realizar el análisis de éstas.

Los resultados de las entrevistas se analizaron y se organizaron en veinte categorías que fueron codificadas, teniendo en cuenta las preguntas y los objetivos de la investigación relacionadas directamente con la temática *motivación hacia la lectura* luego teniendo en cuenta la relación que hay en la temática abordada en las primeras categorías se integraron éstas, obteniendo siete categorías generales que contienen a la vez las categorías preliminares.

La interpretación de estos resultados se hizo teniendo en cuenta el objetivo de investigación *analizar la motivación que han tenido algunos estudiantes del Colegio durante su trayectoria escolar hacia la lectura* al hacer el análisis se evidencia que los entrevistados han tenido diferentes situaciones que han despertado en ellos el gusto o motivación por la lectura, desde el ejemplo en casa hasta la guía y motivación por parte de sus profesores en diferentes momentos o etapas de su vida escolar.

Aquí, tanto el profesor como el entorno escolar juegan un papel muy importante a la hora de despertar gusto por la lectura como lo manifiestan los estudiantes, los tres coinciden que ha sido en sus casas donde inicialmente los encaminaron hacia la lectura, por hábito de sus padres o de un familiar cercano y luego fue la escuela quien continuó despertando en ellos el gusto por leer, desde sus profesores de primaria cuando les leían cuentos fantásticos hasta la secundaria cuando son guiados y enseñados en sus horas de comprensión lectora y literatura.

Se obtuvieron siete categorías derivadas del análisis, a saber, Experiencias lectoras en diferentes entornos, Momentos y espacios para la lectura, Selección temas de interés de acuerdo con la edad, Importancia de la motivación desde el ámbito escolar, Opinión frente a la lectura digital o en físico, Estrategias innovadoras para la motivación hacia la lectura, de las cuales cuatro se relacionan directamente con el objetivo de la investigación:

1. ¿Desde su experiencia personal, qué es lo que le ha motivado a seguir leyendo a través del tiempo?

Se puede decir que las categorías denominadas Experiencias lectoras en diferentes entornos, Selección temas de interés de acuerdo con la edad, Importancia de la motivación desde el ámbito escolar y Momentos y espacios para la lectura son las que más se relacionan con esta pregunta. Cada uno de los entrevistados aseguran que han mantenido su motivación por la lectura a través del tiempo gracias a que en un principio fueron sus padres quienes le guiaron y motivaron a través del ejemplo, pero también desde el colegio, sus profesores han hecho un gran aporte, desde sus años de primaria hasta la secundaria y media, fueron muy marcados por sus maestras de los primeros años escolares cuando les leían cuentos fantásticos haciendo diferentes voces, sus padres en casa, coinciden que aunque hubo momentos que no les gustó ser obligados a leer cierta obra literaria, esto les ha permitido seguir creciendo en la motivación por leer y que a ello le agradecen el ser buenos lectores y que al tener comprensión y análisis de textos les va bien en sus pruebas saber.

2. ¿Qué ha influido en que durante su trayectoria escolar mantenga la motivación o gusto por la lectura?

Se puede aseverar que las categorías, Experiencias lectoras en diferentes entornos e Importancia de la motivación desde el ámbito escolar, son las que más se relacionan con esta pregunta. Se evidencia de acuerdo con la información obtenida de los estudiantes entrevistados que, durante su vida académica, han sido motivados por diferentes agentes, sus padres, abuelos, profesores desde el preescolar y primaria hasta la secundaria y media, donde juegan un papel importante, los entornos familiar y escolar, los textos que leen, la temática, los momentos en los que realizan y comparten la lectura.

De acuerdo con [24] quien afirma que existen dos tipos de motivación, la extrínseca y la intrínseca. Se habla de una motivación intrínseca cuando la persona, en este caso el estudiante, lo hace por superar logros personales, por gusto, porque desean aprender, motivados desde sus primeros años por quienes le sirvieron como ejemplos o guías. Pero también habla de la motivación extrínseca y es aquella donde el lector se siente motivado por situaciones ajenas o externas, como, por ejemplo, lee porque es obligatorio dentro del pensum académico, por una nota, porque debe cumplir con un horario establecido, etc.

De acuerdo con lo anterior, se puede asegurar que los estudiantes entrevistados poseen una motivación intrínseca por la lectura, puesto que como han sido motivados desde muy pequeños, desarrollaron gusto, que ya es un hábito por la lectura, está inmerso en su ser, lo hacen porque desean aprender, y esto se evidencia tanto en su capacidad lectora como en los resultados académicos.

3. ¿Qué estrategias considera que son adecuadas en cuanto a la motivación por la lectura en entornos escolares y que despiertan interés por la misma?

De acuerdo con la pregunta, las categorías que se relacionan directamente con ella son, Momentos y espacios para la lectura y Estrategias innovadoras para la motivación hacia la lectura, teniendo en cuenta las respuestas de los entrevistados se puede afirmar que juega un papel muy importante los padres de familia y abuelos que son los primeros motivadores que influyen en despertar gusto por la lectura, enseguida los profesores de los primeros años escolares. Tanto los padres como los profesores que ejercen cierta influencia en motivarlos por la lectura lo han hecho en momentos y espacios significativos para ellos, los animan, los premian, comparten la lectura, les permiten leer temas de su interés, aunque también son exigidos en los temas de literatura que desde el plan de estudios deben abordar.

La institución educativa ha realizado un proyecto de lectura con los estudiantes de preescolar y primaria, a lo que estos chicos de grados superiores manifiestan que sería muy bueno que se les permitiera a ellos participar del proyecto, donde se les permite una vez a la semana salir del aula, tomar un texto de lectura (el de su preferencia) y acompañados por algún padre o representante, dediquen un tiempo específico a la lectura, mientras comparten un refrigerio, conversan sobre el texto leído y regresan a sus aulas de clase donde realizan un conversatorio acerca del texto leído.

## 5. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue analizar la motivación que han tenido algunos estudiantes de la Institución Colegio Victorioso durante su trayectoria escolar hacia la lectura. Se ha venido haciendo un seguimiento al proceso de la lectura que hoy por hoy los jóvenes demuestran apatía por ella y es así como se decide iniciar esta investigación, para poder responder a por qué hay estudiantes que tienen buenos hábitos de lectura, que se motivan cada día por leer diferentes textos y como resultado se evidencia los excelentes procesos que se adquieren a través de sus procesos de enseñanza aprendizaje y los resultados de las pruebas saber.

Inicialmente se solicitó a los profesores de las asignaturas básicas que teniendo en cuenta el desempeño de los estudiantes relacionaran los nombres de quienes obtenían los mejores resultados para compararlos con los de las pruebas saber que son las que realiza un instituto externo a la institución educativa, de donde surgieron los nombres de los estudiantes que se tomaron como muestras para realizar la investigación (vale aclarar que se tomaron los tres primeros, pero no son los únicos con muy buen rendimiento). Luego de hacer la intervención con estos estudiantes se analizó las diferentes situaciones que han hecho que despierten la motivación por leer, y a partir de ello se establecieron las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Teniendo como referencia la pregunta de investigación: Desde su experiencia personal, ¿qué es lo que le ha motivado a seguir leyendo a través del tiempo? A partir de los hallazgos, se podría afirmar que, existe una gran incidencia entre la motivación por la lectura y los hábitos aprendidos desde casa con el ejemplo de sus padres o cuidadores, quienes desde sus primeros años de vida les leyeron cuentos, historias, etc. lo que fue desarrollando en los estudiantes el gusto por leer. Fueron sus familias quienes en la mayoría de los entrevistados hicieron ese primer acercamiento hacia la lectura, continuando con el trabajo realizado por los profesores de los primeros años escolares y las estrategias metodológicas empleadas lo que desarrolló en ellos la motivación por la lectura que se ha mantenido a través del tiempo (preescolar, básica primaria, secundaria y media).

¿Qué ha influido en que durante su trayectoria escolar mantenga la motivación o gusto por la lectura? De acuerdo a los hallazgos encontrados en esta investigación, se puede afirmar que, la motivación por la lectura tiene relación con las experiencias vividas por los entrevistados tanto en casa como en el colegio, han sido influenciados a lo largo de su vida escolar por la libertad que tienen de escoger algunos temas del interés de los jóvenes, pero también con el hecho de que los profesores les exijan desde la academia a leer diferentes textos literarios con diversidad de temas, despertando el gusto por adquirir cualquier tipo de literatura.

Con respecto a la interrogante: ¿Qué estrategias considera que son adecuadas en cuanto a la motivación por la lectura en entornos escolares y que despiertan interés por la misma? Según los resultados de la investigación realizada con los estudiantes, consideran muy importante que se den espacios diferentes a las horas de clase normales para leer, y establecer el club de lectura para ellos, donde puedan participar también los padres de familia, desean esos espacios para compartir diferentes tipos de lectura que sean de su agrado y porque no, el compartir de ese tiempo con sus padres o acudientes, algo similar al proyecto de lectura que se realizó con los estudiantes de preescolar y primaria.

Además, de tener libertad para escoger temas de su interés y poder leer en espacios distintos de las aulas de clase.

De acuerdo con los resultados de la investigación, es muy importante crear el club de lectura para que los padres de familia se vinculen a la institución educativa, tengan la libertad de escoger el tema de su interés, generar espacios de discusión en torno al texto leído, donde se reúnan una vez a la semana para compartir sus experiencias a través de conversaciones enriquecedoras sobre los temas abordados, y a mediada que van desarrollando el hábito de lectura, enseñarán a sus hijos con el ejemplo; de esta manera habrán unos padres de familia más involucrados en los procesos lectores de sus hijos y unos chicos más motivados por la lectura.

Para los jóvenes que participaron de la investigación, es importante la lectura de diferentes textos porque aprenden cultura, saberes nuevos, están convencidos de que la lectura los transporta a mundos inimaginables, han entendido la importancia de leer para aprender, para mejorar sus procesos de aprendizaje ya que logran comprender y analizar diferentes tipos de textos y de esta manera mejorar sus procesos académicos.

Los estudiantes afirmaron que para ellos fue muy importante el tener como ejemplo y primeros instructores en cuanto a la lectura a sus familiares cercanos (padres, madres o acudientes), luego sus profesores de los primeros años de escolaridad quienes marcaron en cada uno de ellos ese gusto y motivación por leer diferentes textos, cuentos, fábulas, leyendas, mitos, etc. lo que significó para ellos que esa experiencia de su entorno familiar se relacionara con la escuela, facilitando el proceso lectura-escritura en cada uno de los estudiantes partícipes de esta investigación.

Además, los estudiantes participantes de la misma coinciden en que, aunque han sido motivados por sus padres y profesores desde muy pequeños, ya en ellos la lectura la hacen por placer, por gusto, se sienten motivados a leer diferentes tipos de textos, especialmente cuando se les permite escoger temas de su interés.

Teniendo en cuenta los tipos de motivación, *la intrínseca*, donde el individuo lee por gusto, por deleite, busca los temas de su interés, *la extrínseca*, donde el individuo lee motivado por una nota, un reconocimiento o cualquier estímulo externo y *la de logro*, que afirman algunos autores es innata en los individuos, y que a medida que pasa el tiempo se esfuerzan o motivan por seguir leyendo para prepararse para la vida, de acuerdo a los hallazgos de la investigación y los participantes de la misma se puede afirmar que, cada uno de estos jóvenes han experimentado estos tipos de motivación ya que coinciden en que aunque se motivan por leer textos o temas de sus intereses, también valoran el hecho de que sus profesores les exijan el tipo de literatura que deben leer de acuerdo a su desarrollo cognitivo, ya que esto les permite prepararse para su vida personal y profesional.

Finalmente, los resultados indican los estudiantes afirman que fueron motivados muy sutilmente desde pequeños por el ejemplo de sus padres y familiares cercanos hacia la lectura, sus padres les compraban cuentos, leían la biblia, se evidencia que el entorno familiar y social es muy importante para los chicos en la formación de hábitos lectores y por ende motivación por la misma.

## REFERENCIAS

- [1] Silva M. (2002). Expertos estudian lectoría. El Universal.
- [2] RAE. (2012). Real Academia Española.
- [3] Solé I. (1992). Estrategias de lectura. Materiales para la innovación educativa.
- [4] Cassany D. (2006). Los líderes en el siglo XXI. Del portafolis a l'e-PEL. Revista de didáctica de la lengua i de la literatura 39, 7-15.
- [5] Freire P. (2000). Pedagogía da indignação. Cartas pedagógicas e otros escritos. Editora Unesp.
- [6] Gómez M. et al. (1996). La lectura en la escuela. Bibliotecas para la actualización del maestro.
- [7] De Contreras R. (2011). La lectura silenciosa y sus características. Recuperado: <https://actosenlaescuela.com/lectura-silenciosa/>.
- [8] Mata J. (2008). 10 ideas clave. Animación a la lectura. Hacer de la lectura una práctica feliz, trascendente y deseable. Editorial Graó.
- [9] Sedano M. (2015). Leer en el aula: Propuesta para mejorar la lectura en secundaria. Opción 6, 1136-1159.
- [10] Pernía H. y Méndez G. (2018). Estrategias de comprensión lectora: experiencia en educación primaria. Educere 71, 107-115.
- [11] De la Puente L. (2015). Motivación hacia la lectura, hábito de lectura y comprensión de textos en estudiantes de psicología de dos universidades particulares de Lima. Tesis de Maestría. Universidad peruana Cayetano Heredia.
- [12] Martínez J. (1994). Historia y crítica de la literatura española. Primer suplemento.
- [13] Atkinson J. y Birch D. (1978). An introduction to motivation. Van Nostrand.
- [14] Garrido I. (2000). La motivación: Mecanismos de regulación de la acción. Revista Electrónica de motivación y Emoción 3, 5-6.
- [15] Dweck C. y Elliott E. (1983). Achievement Motivation. Handbook of Child Psychology 4, 643-691.
- [16] Weiner B. (1979). A theory of motivation for some classroom experiences. Journal of Educational Psychology 71, 3-25.
- [17] Cerrillo P. (2005). La animación a la lectura desde edades tempranas. Edición digital de la Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes.
- [18] Pinzás J. (1987). Notas para una propuesta sobre las relaciones entre familia y educación. Revista de Psicología PUCP 5, 177-188.
- [19] Paredes M. y Jorge G. (2003). Libro y lectura en la era digital. El gran desafío de la educación actual. Revista Cisterciense 233, 781-881.
- [20] Turkle S. (1997). La vida en la pantalla. La construcción de la identidad en la era de internet. Editorial Paidós.
- [21] Petit M. (2003). Nuevos acercamientos a los jóvenes y la lectura. Investigación bibliotecológica 39, 207-212.
- [22] Ministerio de Cultura. (2022). Plan nacional de lectura y escritura. Leer es mi cuento. Biblioteca Básica de Cultura Colombiana.
- [23] Hernández R. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- [24] Mejía N. (2000). El muestreo en la investigación cualitativa. Investigaciones Sociales 5, 165-180.
- [25] Woolfolk A. (1999). Psicología educativa. Prentice Hall.

# Estrategias pedagógicas para fortalecer la resiliencia en la primaria del Gimnasio el Hontanar en tiempos de Pandemia del 2020-2022

Diana Cáterin Rojas Pérez<sup>1</sup>  
Francisco Javier Cartes Arenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Gimnasio el Hontanar, Colombia*

<sup>2</sup>*Universidad Arturo Prat, Chile*

En este estudio de corte cualitativo se explora la afectación de los niveles de resiliencia académica de los estudiantes de primaria del Gimnasio el Hontanar, Colombia, producto de la contingencia generada por la pandemia del Covid-19, los cuales no se han estudiado a profundidad. Esto a partir de un estudio cualitativo-descriptivo que incluye el análisis de dibujos, narrativas y entrevistas, que permitan diseñar estrategias pedagógicas que se puedan aplicar durante el modelo de alternancia escolar o al volver a la educación presencial y, en consecuencia, les permita fortalecer sus niveles de resiliencia, especialmente ante los retos académicos que se avecinan y que están causando altos niveles de estrés y ansiedad en el entorno escolar, tanto virtual como presencial.

---

<sup>1</sup> Magíster en Administración e Innovación de Entidades Educativas. Contacto: [teacherdiana2000@hotmail.com](mailto:teacherdiana2000@hotmail.com)

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

La escuela es uno de los escenarios más importantes para el desarrollo de los niños, en éste, las personas desde temprana edad aprenden a reconocer y dominar sus emociones. Esto les permite definir los rasgos de su personalidad y enfrentarse a los desafíos de la vida [1]. Las prácticas educativas orientadas a formar sujetos resilientes aún se consideran poco esenciales ya que, desde la concepción académica, el currículo es el que soporta el éxito escolar de los educandos [2]. Sin embargo, es innegable la evidente influencia que la emocionalidad ejerce en el entorno escolar en los resultados académicos obtenidos por los estudiantes. Poseer habilidades que les permitan superar situaciones estresantes y enfrentarse a entornos atípicos como al que tuvieron que enfrentarse durante la época de confinamiento y aún en el momento con la alternancia escolar derivado de la pandemia del Covid-19 deben estar en la mira de los investigadores del fenómeno educativo que emerge entendiendo que esta es una capacidad adquirida en el proceso de interacción-contexto [3].

En Colombia, la ley general de educación (115 de 1994), modificada por la ley 397 de 1997 y la ley 715 de 2001 y reglamentada por diferentes decretos desde 1994 hasta 2005, pretende regular los contenidos y niveles de la educación formal y no formal. Asimismo, fomenta el desarrollo cognitivo, emocional y social de los estudiantes reconociendo su integridad, dignidad, deberes y derechos [4]. Por consiguiente, es un factor primordial para su cumplimiento el que cada institución tenga un plan sólido que vele por el correcto desarrollo académico y socio afectivo de los niños desde sus primeras etapas escolares.

Como se señala en [5], uno de los principales precursores de la resiliencia, asegura que es necesario crear bases emocionales que permitan generar una visión positiva que les permita a las personas volver a la vida después de la adversidad y la pandemia ha proporcionado cambios emocionales en el estado de ánimo de los estudiantes quienes no están preparados para asumir los retos que enfrentarán al llegar a la alternancia o a la educación presencial [6]. La escuela deberá abrir sus puertas prontamente para recibir a estudiantes cuyo desarrollo emocional ha sido impactado por el aislamiento, por estar lejos de un entorno escolar que virtualmente no estimula a cabalidad sus habilidades cognoscitivas.

Este cambio de metodología de estudio ha propiciado dificultades evidentes en las que muchos de los educandos se sienten más seguros enfrentándose a una prueba virtual que en papel; por ello, es deber de la escuela propiciar ambientes educativos resilientes [7] que guíen a los estudiantes a superar las experiencias traumáticas vivenciadas durante la pandemia del Covid-19 y les ayude a adaptarse satisfactoriamente al entorno educativo presencial.

En este estudio se han recopilado las experiencias de 3 estudiantes de la primaria del Gimnasio el Hontanar y, a partir del análisis de esta información, se diseñarán estrategias pedagógicas que apoyen el fortalecimiento de la resiliencia educativa. Esta muestra permitirá comprender los sentimientos y percepciones generados durante las clases en el confinamiento; adicionalmente, dará a conocer las expectativas que tienen del futuro.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Definición y caracterización de la resiliencia

El término *resiliencia* proviene del latín [8], de la palabra *resilio*, que significa regresar a su estado. Esta es una capacidad de los metales, los cuales pueden absorber energía elástica al deformarse y regresar a su estado cuando esta se deja de aplicar. Es decir, es un concepto que proviene de la física y la ingeniería, que luego fue aplicado a las ciencias humanas. Dicho concepto se introduce desde la rama de la psicología en los años ochenta por [9]; en ese entonces, el concepto de vulnerabilidad era bastante claro, fue cuando en [10] se evaluó a 698 neonatos en la isla de Kauai localizada en el archipiélago de Hawái.

Durante años realizó seguimiento de 201 niños de ambientes familiares desfavorecidos y cuyo desarrollo psicosocial no parecía alentador. Alrededor de 30 años después, descubrió que 72 de estos niños gozaban de una vida emocional estable a pesar de la adversidad a la que se enfrentaron. Ellos fueron denominados



en [9] como *resistentes* al destino; ignorando que ahora, 40 años más tarde estaríamos hablando del término *resiliencia* y que este haría parte de una capacidad esencial para enfrentar a los desafíos de la vida.

Luego, en 1993, en [3] se argumentó que el centro de investigación de la resiliencia yacía en 3 áreas fundamentales. El primero, corresponde a los estudios [11] en la década de 1970 los cuales mostraron que existían diferencias individuales que hacían a algunos vulnerables y a otros no, en contextos de riesgo psicosocial [12]. Lo que llevó a los investigadores a establecer rasgos de cada uno en relación con los riesgos y las respuestas de cada individuo a los mismos.

El segundo puso en consideración los mecanismos heredados y adquiridos en los dos casos de vulnerabilidad y el temperamento juega un papel fundamental en los tipos de apego y la relación del individuo con sus familiares y personas allegadas. Según los hallazgos en [13], la resiliencia está ligada a la autonomía, la actitud social positiva y el control emocional. Y el tercero denotó aspectos relacionados con la manera de adaptarse y enfrentarse a la adversidad. La autoestima y el sentimiento de autoeficacia son características relacionadas con la forma de afrontar el estrés y alcanzar los logros.

Al hablar de resiliencia, se puede pensar como un término innovador y actual; sin embargo, desde los años 60 se incorporó a las ciencias sociales que la definió como la capacidad que tienen las personas para desempeñarse en un entorno adverso, o vivir en contextos de riesgo psicológico sin ser afectados o recuperarse exitosamente [3]. Esta no es característica de algunos pocos individuos, todas las personas pueden desarrollarla en algún momento y por esto se considera como una capacidad universal [14]. Aún no es claro si esta capacidad es innata o simplemente se adquiere [15]; sin embargo, se ha evidenciado que se puede construir una capacidad resiliente en los procesos de interacción con el entorno [3].

En la sociedad, no solo el contexto familiar influye significativamente en el desarrollo del individuo resiliente. La escuela, también está determinada por el contexto familiar y social, y posee una influencia importante en el desarrollo académico y la socialización del niño. Ésta se transforma en un ambiente de resiliencia constante ya que le da oportunidades al estudiante para enfrentarse a situaciones positivas y adversas, se convierte en un espacio en el que el niño fomenta vínculos con otros y por supuesto también cumple la función de enseñar [12].

## 2.2 Resiliencia académica

Los estudios relacionados con la resiliencia [16- 21] han motivado a desarrollar aplicaciones para favorecer los procesos de aprendizaje en el contexto escolar. Mientras que [22-26] referencian también experiencias pedagógicas que contribuyeron al trabajo de los profesores con el fin de favorecer la aceleración del aprendizaje. Colombia, ha sido pionero en el desarrollo de estrategias que motiven a un mejoramiento de los niveles de resiliencia, específicamente motivados por la ley general de educación 112 de 1994, modificada por la ley 3397 de 1997 y la ley 715 de 2001 y reglamentada desde 1994.

Ésta propende el desarrollo cognitivo, emocional y social de los niños, basada en su integralidad, dignidad, deberes y derechos. Este programa pretendía conocer la situación emocional de los estudiantes vinculados a las instituciones con un desfase de edad de por lo menos dos o tres años del grado académico que cursan; con el fin de acelerar su aprendizaje. Desde ese entonces, Colombia empezó a formar profesores en el campo de la resiliencia [27] con el *programa de formación en resiliencia educativa* y lo que inicialmente se pensó para los profesores, luego fue llevado a los hogares. Este programa logró cambios significativos en la comunidad y llevó a los maestros hacia la reflexión sobre la importancia de convertirse en agentes de resiliencia y cambio para crear alianzas entre las familias y la escuela [28].

La resiliencia tiene una gran influencia en el éxito de la educación según [27]. A partir del fortalecimiento de la resiliencia se puede lograr el mejoramiento del desempeño escolar y es un campo de investigación que se ha ampliado en Estados Unidos [29]; en Europa [19, 30, 31], Australia [32, 33] y en Latinoamérica [26, 34-40]. Todos estos estudios se han planteado para poblaciones que se ven afectadas por las situaciones adversas que tienen que sufrir los niños que integran las diferentes comunidades educativas objeto de los estudios. Gracias a ellos, muchos de los estudiantes son motivados, y se transforman en personas

independientes, recursivas y auto-determinadas, así mismo, poseen habilidades sociales y de solución de conflictos [27].

La literatura como [23] ofrece diversas aplicaciones para poder favorecer la resiliencia en la escuela, quienes diseñan una secuencia de seis pasos para construir ambientes escolares resilientes. Los tres primeros abordan la mitigación del riesgo, el enriquecimiento del vínculo social, la inclusión de límites claros y enseñar habilidades para la vida. Los tres últimos sugieren tres condiciones fundamentales para construir la resiliencia escolar: ofrecer afecto y apoyo, establecer y transmitir expectativas elevadas y brindar oportunidades de participación. Estos pasos hacen parte de la denominada *rueda de la resiliencia*, herramienta heurística utilizada para diagnosticar y trabajar el fortalecimiento de la resiliencia en las escuelas norteamericanas [24].

En educación, el rol del educador es insustituible en el acompañamiento y la mediación que constantemente debe ejercer en la cotidianidad de su labor. Esta llamada *Pedagogía de la mediación* [41, 42] orientan dichos aportes hacia la interacción entre lo socio-cognitivo y lo socio-afectivo. De este modo el autor afirma:

*La primera fuerza motivante del hombre es la lucha por encontrar sentido a la propia vida. Los lazos y el sentido, las dos palabras generadoras de resiliencia. Nosotros no inventamos el sentido de nuestra existencia, sino que lo descubrimos. El resiliente lo descubre gracias a las mediaciones de un tutor o persona cercana que conquista su confianza.*

Para lograr establecer vínculos con los educandos se necesita configurar un interés auténtico por su bienestar sin dejar de lado la academia, de tal forma que sea el estudiante que quien adquiera el compromiso de retribuir la confianza y el apoyo. Es decir, es el profesional de la educación quien debe ayudarles a manifestar sus raíces resilientes lo cual exige paciencia, perseverancia, competencias psicológicas, sensibilidad y empatía [42]. Entendiendo que el entorno escolar se construye a partir de interacciones humanas, es necesario comprender la importancia de fortalecer la resiliencia desde la primera infancia, a través de experiencias para entrenar a los estudiantes a *saber sentir* [43].

### 2.3 Estrategias pedagógicas generadas para contrarrestar dificultades emocionales en los niños

Colombia es un claro ejemplo de un país que ha sufrido los efectos del conflicto armado y la niñez no solo se ha tenido que enfrentar a vejámenes que vulneran todos sus derechos, sino que también han tenido que enfrentar el desplazamiento forzado que les obliga a miles de familias a dejar todo lo que tienen para salvaguardar su vida. El último informe de la UNESCO [44] afirma que la educación en Colombia sufre los efectos de conflictos insolubles ya que la población de desplazados internos es la segunda por su número en el mundo; sin embargo, desde hace 15 años, el gobierno colombiano ha tomado medidas para que los niños desplazados cuenten con un acceso preferente a la educación.

Estas medidas inclusivas se aplicaron en instituciones como la Institución Educativa Gabriela Mistral del Municipio de Copacabana, Antioquia, la cual ha realizado procesos de intervención en resiliencia para atender a los menores afectados [45]. Este proyecto pedagógico no solo involucra a los profesores y al contexto escolar sino también a las familias o adultos acompañantes con el fin de fortalecer contundente y positivamente las habilidades de resiliencia de los pequeños.

Sin embargo, la puesta en práctica de dichas estrategias es muy compleja ya que la institución educativa no cuenta con ayuda psicosocial o personal calificado que pueda hacer un proceso idóneo; no obstante, desde las aulas, el equipo docente inicia un trabajo con los niños orientado hacia la superación de los miedos, tristezas y odios [45].

Para los estudiantes más pequeños (5 a 7 años) se trabajó un taller de *dactilopintura* en el cual ellos podían expresar sus sentimientos a través del arte y adicionalmente se propuso la terapia *vivencial* con el fin de trabajar con las familias a través del dialogo y del fortalecimiento de vínculos afectivos [45], entendiendo que el cerebro humano está hecho para la interacción social y por este motivo la resiliencia es un trabajo colectivo [46]. De esta manera se entiende que la escuela se convierte en el contexto para educar seres humanos resilientes y formar mejores sociedades [46].

El Ministerio de Educación Nacional de Colombia creó el Proyecto de Desarrollo de Competencias Ciudadanas en Contexto de Violencia en el año 2011 y en el módulo de *Resiliencia y competencias ciudadanas* no solo definen el concepto de resiliencia, sino que desarrollaron una serie de estrategias aplicadas en escuelas de cuatro departamentos, las cuales han sido azotadas por la violencia y el desplazamiento. Este estudio logró concretar historias de vida exitosas a pesar de las condiciones adversas a las que se vieron sometidos sus protagonistas en su infancia.

Inicialmente se conformó un Equipo Pedagógico de Apoyo EPA para realizar encuentros académicos previos con el fin de sensibilizar a los profesores sobre la importancia de implementar estrategias que permitan fortalecer la resiliencia en la escuela. Luego de haber sensibilizado al equipo docente fue el momento de aplicarlo en las aulas e institucionalizar la propuesta. Este proyecto constituye un aporte fundamental hacia el diseño de estrategias didácticas relacionadas con las competencias ciudadanas y la resiliencia.

A partir de estos aportes del equipo docente se definieron estrategias sencillas que permitieran abordar los factores estresantes de experiencias previas a partir de narrativas cortas. La primera estrategia tuvo como objetivo reflexionar y responder ciertas preguntas: ¿Cómo reaccionó ante la situación? ¿Recibió ayuda? ¿De quién? ¿Cómo superó la situación? ¿Qué aprendió de la situación? ¿Cómo reaccionaría hoy en día? Esta dialéctica permite entender la perspectiva de cada uno de los protagonistas de cada historia y empatizar con sus emociones, de manera tal que puedan proponer nuevas alternativas de superación ante hechos adversos similares en el futuro.

Con el propósito de desarrollar este ejercicio de manera consciente, se requirió de *saber escuchar*. La escucha activa es una competencia comunicativa que permite comprender las ideas de quienes nos rodean y permite establecer diálogos amenos inclusive en situaciones estresantes [47]. Una segunda acción pedagógica tiene que ver con el campo de la *metacognición*, esta contempla el análisis de las habilidades de resiliencia que poseen los profesores y su percepción de los logros obtenidos en la institución donde labora. Para ello se adaptó un cuestionario que está basado en la rueda de la resiliencia de [23]. La tercera acción pedagógica se relaciona con *La promoción de la empatía*, la cual insta a los profesores a conectar con las condiciones y situación de sus estudiantes y que en su práctica pedagógica estén dispuestos a implementar estrategias a resolver sus dificultades.

Los estudiantes recibieron constantemente lecturas de apoyo que les permitieron hacer una pequeña representación teatral, guiada por el docente. Ésta debía ser poco preparada y mostrar a los espectadores la realidad de los estudiantes en su situación. Finalmente, se les pide a los estudiantes que imaginen cómo responderían ante tal situación y se les motivó a sugerir ideas para fortalecer la resiliencia de los protagonistas. El documento propone diversas actividades basadas en lecturas de apoyo que constituyen un insumo para la motivación y el fortalecimiento de la resiliencia cuya estrategia pedagógica fundamental está basada en la reflexión.

La realidad mundial también ofrece diferentes escenarios que ciertamente afectan a la niñez. Los niños son las víctimas más vulnerables del conflicto y requieren de protección; muchos de ellos son cobijados por otros gobiernos en calidad de refugiados al no querer acogerse a la protección de su país [48, 49]. De esta manera, la protección internacional ha dado asilo a millones de refugiados en todo el mundo, siendo los países europeos los mayores receptores [50].

En [51-53] se ha estudiado el comportamiento de los refugiados y su capacidad de desarrollar mecanismos sanadores para ellos y sus familias saliendo fortalecidos después de situaciones traumáticas producto de la guerra, el desplazamiento, la exposición a la violencia, la persecución y el maltrato [54]. Una experiencia que afecta considerablemente a los niños y que es considerada como un evento traumático es la pérdida del hogar, el cual es asociado por los infantes como un lugar seguro [55]. Sin embargo, [3] sugiere observar estas experiencias traumáticas como el medio para obtener una capacidad de resiliencia mayor y desarrollar mecanismos sanadores.

Uno de los factores esenciales para el fortalecimiento de las personas refugiadas en Kakuma, Kenia, por ejemplo, fue la formación y la educación enfocada al desarrollo de factores protectores [56]; allí, a pesar de

las circunstancias, los estudiantes crecen ante la adversidad y sus notas son superiores a la media nacional de Kenia [50]. Los centros de refugio ofrecen una gestión integral de casos, apoyo psicosocial y formación en habilidades que incluyen la danza, el arte y la música. Así mismo, estrategias como el Proyecto Each Teach permitirá capacitar a los profesores de los campos refugiados para que así los programas académicos se fortalezcan incrementando la calidad pedagógica y permitiendo a los educandos ser competentes en la sociedad actual.

En 2020, la directora general de la UNESCO, Audrey Azoulay, en el informe [44] afirma que es vital contar con programas de estudios bien ideados, que promuevan la diversidad, proporcionen las competencias necesarias y contrarresten los prejuicios como lo establece la Declaración Universal de Derechos Humanos, *favorecerá la comprensión, la tolerancia y la amistad entre todas las naciones y todos los grupos étnicos o religiosos*.

Este informe establece en el Cuarto Objetivo de Desarrollo Sostenible el garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos; por lo tanto, los sistemas educativos deben adaptarse a las necesidades de los educandos respondiendo a sus necesidades de resiliencia de las sociedades y adaptarse a la migración y al desplazamiento.

## **2.4 La educación en tiempos de pandemia**

La pandemia del Covid-19 transformó de manera radical e inmediata el entorno educativo no solo de los colegios sino también de las universidades y de los centros de educación no formal de todo el mundo. Esta emergencia sanitaria forzó al cierre masivo de la educación presencial con el fin de mitigar la propagación del mortal virus. La UNESCO reportó en [57] más de 1.200 millones de estudiantes que dejaron de tener clases presenciales y de ellos más de 160 millones pertenecían a América Latina y el Caribe.

En este contexto, el sector educativo se vio afectado por la crisis particularmente por la rápida y progresiva adaptación a la que se sometieron los estudiantes y profesores para poder dar continuidad al año escolar. De hecho, los sectores de mayor pobreza y vulnerabilidad, especialmente de zonas rurales no contaban con los recursos tecnológicos necesarios para su educación [58].

Inicialmente, las medidas adoptadas para afrontar la crisis incluían el adoptar modelos de aprendizaje a distancia para lo cual ni los profesores ni estudiantes estaban adaptados. Entonces, inicia un proceso de alfabetización digital que incluye la capacitación para la utilización de formatos y plataformas digitales, así como el uso de aplicaciones de videoconferencia usados para establecer contacto directo con los estudiantes. Esta nueva era educativa evidenció dificultades de todo tipo, que iban desde las fallas de conexión de los estudiantes y maestros, falta de recursos y aparatos tecnológicos y lo más importante, se pierde la interacción y la retroalimentación efectiva del aula [59].

Esta nueva normalidad académica generada por el confinamiento afectó considerablemente el estilo de vida de los estudiantes y profesores impactando su emocionalidad y afectando su práctica profesional y su entorno familiar [59]. Obligando a los académicos a reinventarse y esforzarse tres veces más por cumplir con las exigencias de estos nuevos ambientes de aprendizaje. Los profesores se enfrentaron a dificultades muy adversas que los llevó a un nivel de estrés alto. No solo porque debían cumplir con sus obligaciones académicas, sino que su ambiente de trabajo estaba en su hogar, en el cual debían atender a sus hijos y a los quehaceres diarios para poder alimentarse y continuar con su cotidianidad.

Por otro lado, se encuentran las familias, quienes se convirtieron en tutores de sus hijos, debieron colaborarles para poder adaptarse a este nuevo reto. Padres, madres, abuelos o adultos responsables debían guiar a los menores para poder orientarles académicamente, labor que era imposible para los académicos que, desde un computador, intentaban dar homogeneidad a un ambiente escolar heterogéneo.

En este escenario innovador, se puede decir que la mayoría de los países contaban con los recursos para establecer una conexión remota ya sea en línea o la implementada por radio o televisión. Sin embargo, el aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC se vio coartado por el

desconocimiento en su implementación, lo cual motivó a las entidades educativas a tomarse un tiempo para poder entrenar a sus profesores en el manejo de herramientas virtuales.

Esto se desarrolló en un lapso muy corto debido a la necesidad de dar continuidad al currículo. De hecho, el currículo debía ser adaptado para su implementación a través de plataformas y clases en línea, lo que puso a las instituciones aprietos debido a que las condiciones actuales no se habían considerado para ese contexto. Fue entonces cuando los directivos y académicos empezaron a tomar decisiones para enfrentar este nuevo desafío; se realizaron ajustes y priorizaciones curriculares para asegurar el cubrimiento de los contenidos básicos para el grado y su correcta ejercitación. De esta manera se dio prioridad a las competencias, objetivos de aprendizaje, contenidos y valores prioritarios como el aprendizaje autónomo, las competencias socioemocionales, la resiliencia, la salud y el bienestar en general [57].

La educación virtual o remota, no tuvo gran afectación en muchos de los casos, pero en un gran número de estudiantes se evidenció un detrimento académico y emocional sustancial y la desmotivación académica era evidente. Adicionalmente, las familias debían cumplir con sus obligaciones laborales y en muchos casos debieron abandonar su trabajo para poder hacer frente a la nueva dinámica académica de los niños, especialmente de los más pequeños; sin embargo, otros padres no podían dejar de trabajar y la falta de supervisión en casa desencadenó dificultades académicas. De esta manera era evidente que los sistemas educativos no estaban totalmente en la capacidad para dotar a los estudiantes de las competencias necesarias y garantizar procesos educativos estructurados desde escenarios virtuales a pesar de los esfuerzos por propiciar espacios reflexivos y de interacción constante cuyo objetivo primordial era garantizar la calidad de la educación.

La educación virtual o remota, presentó diversas apreciaciones desde el punto de vista de los estudiantes. Inicialmente fue novedoso y llamativo, se veían estudiantes motivados ante el nuevo escenario presentado; sin embargo, a medida que transcurría el tiempo empezaron a emerger situaciones que no tenían tanto que ver con la conexión ni con el currículo planteado sino con el esfuerzo de los estudiantes para cumplir con los requisitos académicos. En [60] se afirma que, aunque se tengan los mejores maestros y materiales, así como las mejores conexiones; si no se tiene esfuerzo, si el estudiante no se dedica a trabajar, eso que está ahí afuera no ingresa a su estructura encefálico-cerebral y tampoco se produce el conocimiento o el manejo de las emociones que permitan mejorar los conocimientos.

Desde este punto de vista, el esfuerzo y la resiliencia son muy importantes, se pueden considerar habilidades en las que la perseverancia, la tenacidad y el aprendizaje se correlacionan de tal forma que marca el rumbo hacia el éxito escolar. Teniendo en cuenta esta necesidad de orientación educativa, en desarrollo del artículo 3 de la Resolución [61], mediante la cual se brinda a las entidades educativas certificadas autorización para implementación de la apertura de instituciones escolares bajo el modelo de alternancia. De esta manera tanto entidades públicas como privadas que cumplieran con la normativa y lograran obtener la certificación podrían iniciar el plan de regreso gradual y progresivo a las aulas para favorecer el desarrollo integral y los aprendizajes de los estudiantes de Colombia.

Finalmente, los estudiantes volverían a las aulas así fuera parcialmente ya que la alternancia consiste en que los estudiantes asistan unos días presencialmente y los otros días tomen educación virtual. Los profesores y estudiantes tuvieron que acostumbrarse a la separación física, a mantener estrictos protocolos y a seguir más normas de las que ya de por sí seguían. Todo esto para poder disfrutar de una educación presencial ya que el ser humano aprende mucho mejor en interacción directa, presencial, física, que en interacción digital [60]. La digitalización nunca sustituirá a la educación presencial.

La educación durante y postpandemia motiva al sector educativo a prepararse para afrontar los desafíos emergentes de un sistema escolar experimental, no solamente referido al avance académico y el cumplimiento de objetivos sino también orientado a la investigación en el aula. El profesor debe indagar y determinar estrategias que aborden las necesidades académicas y emocionales de los educandos porque aún no tenemos la certeza de cuánto nos va a costar ni cuánto va a durar o si de repente surjan cambios inesperados. Para ello la neurociencia ha hecho sus aportes a la educación y en ella se fundamenta que para el manejo de la cognición se debe tener en cuenta el manejo de las emociones (sistema límbico) [62].

El cerebro humano está programado genéticamente para el aprendizaje y es el profesor quien pone en consideración los diferentes estilos [63] los cuales son direccionados por diferentes inteligencias. En su teoría, Gardner explica que hay una conexión entre varias de ellas, pero es a través de la neurociencia que se puede determinar que las emociones son las que influyen en muchos aspectos que motivan o no el aprendizaje de los estudiantes [64].

En [65] se afirma que está comprobado que los estados emocionales negativos que emergen de situaciones atemorizantes o estresantes propician la activación de la amígdala que deriva en una liberación de adrenalina, noradrenalina y glucocorticoides (cortisol). Teniendo en cuenta estos cambios fisiológicos causados por situaciones eventuales, puede considerarse que el estrés elevado al que se vieron sometidos los estudiantes durante las clases remotas generaron reacciones que directamente afectan el nivel de aprendizaje. Situaciones como la falta de conectividad, la ausencia de computador en casa o la presencia de solo una para tres usuarios, por ejemplo, hacen que un día de clases virtuales se vuelva una experiencia nefasta para los estudiantes y sus familias [66].

Las emociones en este modelo educativo se vieron seriamente afectadas por el confinamiento y la adaptación a la educación remota y una manera contundente de afrontar los desafíos pedagógicos y del aprendizaje que se avecinan es actuando con resiliencia lo que indiscutiblemente mejorará el nivel de inteligencia emocional de los estudiantes, generando una cultura resiliente positiva.

## 2.5 El *mindfulness* y el fortalecimiento de la resiliencia académica

*Mindfulness, conciencia o atención plena*, ha estado muy presente en la última década debido a que existe evidencia científica en el beneficio que proporciona a las personas que presentan problemas que producen ansiedad y estrés [67].

El origen del *mindfulness* surge en la tradición budista con la figura Siddharta Gautama, el buda Shakyamuni, quien inicia la tradición religiosa y filosófica que luego se extiende mundialmente, lo que evidencia que la práctica del *mindfulness* proviene desde hace 2.500 años [68]. Desde esta época milenaria, hasta nuestra era, el *mindfulness* ha provocado el interés de diferentes disciplinas de la salud, especialmente de la psicología, puesto que el mismo permite que las personas aprendan a gestionar sus emociones hábilmente contribuyendo a mejorar el comportamiento en situaciones difíciles [69].

De hecho, la disciplina del *mindfulness* ha tenido auge significativo a nivel investigativo que entre los años 1980 y 2000 se encuentran 976 referencias de artículos indexados según la base de datos del servicio EBSCO; E-Journals, Medline, PsycInfo, Eric, Academic Search Complete y Cinahl, mientras que entre los años 2000 y 2012 el número de artículos ha aumentado a 12.687 [67].

En consecuencia, la evidencia científica presentada por los diferentes estudios de *mindfulness* permitió su expansión a distintos contextos, entre ellos el educativo y para ello es importante conocer al detalle su práctica para que no se convierta en una estrategia insulsa que se retome y se abandone indiscriminadamente. Por esta razón, es importante que los profesionales que la implementen tengan la suficiente formación personal y posean las competencias y habilidades necesarias para esta tarea [70].

La investigación educativa sobre las emociones y su influencia en el rendimiento escolar [71] señala que la relación entre emoción y motivación determina el éxito o el fracaso académico. Perkins refiere que la investigación de las emociones ha sido poco estudiada desde la perspectiva educativa debido a las concepciones racionalistas y empiristas dominantes en la ciencia moderna, lo que ha dado lugar a una invisibilidad social y científica de las emociones y como consecuencia, la poca puesta en práctica de estrategias que sean incorporadas a metodologías y la aplicación de modelos pedagógicos [72].

A su vez, Perkins argumenta que teorías sociales como el feminismo y el postmodernismo han supuesto referentes teóricos que incorporan concepciones humanas en la educación las cuales han sustentado que la persona es un ser histórico, construido socialmente lo cual abre la puerta al estudio de las emociones en los procesos educativos.

Uno de los precursores de la inteligencia emocional orientados a la educación fue Lev Vigotsky quien en su libro [73] realiza un análisis de todas las posiciones (biologicistas y fisiologicistas) relacionadas con el estudio de las emociones, los autores citados por Vigotsky coincidían en afirmar que las emociones son sensaciones corporales inesperadas de las que cobramos conciencia.

De esta manera, se argumenta que las emociones son momentáneas y que podemos tomar conciencia plena de ellas, según Vigotski, las emociones biologizadas no son vistas verdaderamente como propiamente humanas y por tal motivo los investigadores se alejaban cada vez más del significado que ellas tienen para la persona y su influencia en la conciencia y el pensamiento. Así mismo, tienen una relación intrínseca con la personalidad, las experiencias previas, las condiciones sociales y la condición actual del individuo.

Desde esta perspectiva fue el mismo Vigotsky quien formula la Teoría Socio-Histórica la cual hace referencia a los Procesos Psicológicos Superiores que se originan en el entorno social del individuo, de tal manera que la respuesta hacia estímulos que vienen del exterior influye en la capacidad de respuesta de las personas. Por tanto, el estrés es una respuesta producto de los cambios y exigencias del entorno [74]. Esta reacción está relacionada con las emociones, aunque no es una de ellas, y ha sido de particular interés para la neurociencia, la cual ha otorgado a los investigadores de fundamento teórico para estudiar las emociones y su afectación en la conducta humana [75].

Los estudios clínicos concluyen que es el sistema nervioso simpático el que prepara al organismo para soportar el estrés, para lo cual Selye señaló que existe una coordinación entre tres sistemas que permiten responder ante el estímulo estresante, lo cual denominó *Síndrome General De Adaptación*. Este proceso inicia con una reacción de alarma, similar a un estado de shock, luego se mueve hacia la fase de contra choque en la cual se activan los ejes neural y neuroendocrino lo que hace que la médula suprarrenal libere grandes cantidades de noradrenalina y adrenalina, causando una sensación incómoda y muchas veces frenética; la segunda fase es un estado de resistencia que ocasiona negación e incapacidad de razonar a tiempo ante el factor estresante, esta activación del estrés se produce durante esta fase y el estado hormonal puede subdividirse en el eje hipófiso-córtico-suprarrenal, produciendo una sensación similar a la que ocurre cuando el individuo se encuentra en peligro.

Al prolongarse esta sensación, llega la tercera fase que es la fase de agotamiento. En pocas palabras, el individuo se ve enfrentado a un efecto búmeran de las emociones, en la que el estímulo externo influye en el cuerpo y las reacciones corporales que estas desencadenan provocando reacciones que van desde el llanto, la ira, la apatía, entre otros [74]. Como consecuencia, la amígdala se verá obligada a responder emocionalmente y formar recuerdos emocionales no conscientes, mientras el hipocampo, al estar inhibido, se verá impedido en la formación de recuerdos conscientes de estos acontecimientos. Así mismo, al activarse la respuesta de la amígdala se afecta el procesamiento de la información en la corteza cortical, lo que requiere de una actuación adaptativa como la ansiedad, la tristeza, la hostilidad, etc.

En [76] se denomina *el ataque de la amígdala* es una contienda contra las reacciones que provocan en el individuo las situaciones externas que son esporádicas y que en la mayoría de las ocasiones así de inesperadamente como llegan, también se van. El secreto está en cómo gestionar estas reacciones para que el rendimiento escolar no se vea afectado.

Teniendo en cuenta la descripción que nos da la neurociencia y los estudios referenciados en el presente estudio, se puede asegurar el *mindfulness* ha llegado para quedarse, no porque provenga de prácticas milenarias, sino porque ha sido y será la respuesta que pueden aplicar las personas para aprender a gestionar sus emociones [77]. Teniendo en cuenta que las conexiones entre la amígdala y el neocórtex son el centro de gestión entre pensamientos y sentimientos, la neurociencia es la explicación de por qué las emociones influyen radicalmente en la habilidad para pensar eficazmente, tomar decisiones inteligentes y asertivas. Incluso, la memoria de trabajo es afectada cuando el individuo se encuentra emocionalmente perturbado [78]; entonces, esta afirmación explicaría por qué en la escuela encontramos estudiantes que cambian radicalmente su desempeño académico al encontrarse ante una situación tensionante lo cual indiscutiblemente obstaculiza las facultades intelectuales del niño y dificulta su capacidad de aprendizaje.

Goleman [79] firma que los niños impulsivos y ansiosos, son a menudo desorganizados y problemáticos, por lo que podrían tener un escaso control prefrontal sobre sus impulsos límbicos. Este tipo de niños presenta un alto riesgo de fracaso escolar, alcoholismo, delincuencia y no a razón de un bajo potencial intelectual sino de un bajo control de sus emociones. De esta manera, es una necesidad del siglo XXI el enseñar a los niños a *Saber Sentir*, la emoción debe guiar las decisiones, pero estas deben ser tomadas de manera racional en donde la inteligencia racional y la emocional se unen para un mismo fin [79]; para lograrlo, la práctica del *mindfulness* incrementa la sensación de bienestar y reduce los niveles de estrés; también enseña a quienes lo practican habilidades y estrategias para controlar su mente y orientarla hacia el logro de los objetivos.

En el mundo existen varios programas de *mindfulness* desarrollados para profesores con el fin de mejorar su estado emocional, reducir el estrés y promover la resiliencia como medio para mejorar su enseñanza, lo cual sería llevado al aula de clase. Uno de ellos es el programa Mindfulness-Based Wellness Education MBWE, que tiene 8 semanas de duración el cual enseña a los profesores a mejorar la capacidad de respuesta ante situaciones de estrés, explorar la comprensión y la experiencia de aspectos del bienestar para atraer la atención en el aula. Otro programa es el Stress Management and Relaxation Techniques SMART, que tiene una duración de 9 semanas y tiene como objetivo reducir los niveles de estrés basado en *mindfulness*, entre otros programas que buscan mejorar las competencias y el bienestar docente [70].

En [70] se exponen siete principios para la implementación del *mindfulness* en las aulas:

1. *Motivación*: Profesores conocedores del por qué se debe incorporar el *mindfulness* en las aulas y que incorporen sus objetivos a partir de prácticas sencillas pero significativas.
2. *Perspectiva*: Debe realizarse una enseñanza laica de *mindfulness*.
3. *Juego y diversión*: Es importante practicar *mindfulness* mediante ejercicios lúdicos.
4. *Sencillez*: Dirigir prácticas con lenguaje simple y claro, adaptadas a las diferentes etapas de desarrollo de los estudiantes.
5. *Integración*: es importante fomentar la integración de *mindfulness* en actividades cotidianas.
6. *Colaboración*: todos los profesionales deben apoyar la idea de que el *mindfulness* es importante en educación.
7. *Estrategia*: es necesario apoyar el desarrollo de una estrategia de investigación e implementación de *mindfulness* en la institución.

La realidad actual y sobre todo las consecuencias que se evidencian de la pandemia obliga al sector educativo a tomar conciencia del desarrollo emocional de los educandos. Comprender sus sentimientos y enseñarles a tolerar presiones y frustraciones con el fin de adoptar una actitud resiliente y que les brinde mayores posibilidades para afrontar los desafíos que se presenten.

### 3. MÉTODO

El presente estudio es de carácter cualitativo-descriptivo ya que se realizan descripciones de los fenómenos que permiten saber el quién, qué y dónde de los eventos [80]. El estudio cualitativo-descriptivo o también llamado descripción cualitativa permite interpretar las situaciones a partir de evidencia que da sustento a dicho análisis. Éste proporciona elementos esenciales para comprender fenómenos que afectan a los individuos objeto de investigación.

La presente investigación se enmarca en una metodología cualitativa de tipo descriptiva-narrativa, comprendida como *narrativa* a la cualidad estructurada de la experiencia entendida y vista como relatos y dibujos, los cuales se construyen de la experiencia, por la que, mediante un proceso reflexivo, se da significado a lo sucedido o vivido [81]. Enfoque cualitativo, ya que se pretende comprender una realidad o un fenómeno social complejo en un contexto natural con base en el sentido o significado que sus participantes le otorgan a esta realidad.



### 3.1 Instrumento

Para desarrollar este estudio, y con la autorización previa según las consideraciones éticas de investigación, se realizará la construcción de narrativas a través de información recolectada en conversaciones, entrevistas estructuradas y materiales visuales, tales como dibujos y narrativas, con el fin de hacer visible las experiencias de vida de la muestra seleccionada.

### 3.2 Participantes

La población objetivo son los estudiantes de la sección primaria del Gimnasio Hontanar de los grados segundo, tercero y cuarto que consta de 461 estudiantes. La muestra intencionada estuvo compuesta por 3 estudiantes de la sección primaria quienes serán elegidos por la técnica de muestreo de conveniencia o intencional (1 por nivel). Esto permitió, no solo indagar aspectos relevantes al objetivo de investigación, sino hacer una posible intervención intencionada posterior a este estudio de aquellos estudiantes que demuestren una capacidad de resiliencia menor.

### 3.3 Procedimiento

Las sesiones con cada estudiante se desarrollaron en un tiempo de 45 minutos aproximadamente, la misma se llevó a cabo en la oficina de Dirección Académica. Los estudiantes fueron contextualizados con el ejercicio y posteriormente se les entregó una ficha de trabajo en la que estaban consignadas tres numerales. En el punto uno, los estudiantes debían dibujar una clase antes, durante y después de la pandemia; en el punto dos, los niños eran invitados a responder oralmente la pregunta y luego consignar su respuesta de manera escrita y el tercer punto incluye una narrativa, en la cual los estudiantes debían escribir una historia que incluiría las dificultades frecuentes de un día en clases remotas, se les invitaba a exponer sus sentimientos, cómo solucionaron la situación y con quién dialogaron al respecto.

Asimismo, se desarrollaron conversaciones breves que permitieron entender más a fondo la intención comunicativa de los dibujos o narrativas, dichas conversaciones no fueron planeadas, solo surgieron durante la entrevista para la claridad del investigador.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las entrevistas relacionadas a continuación se realizaron individualmente con previa autorización de sus padres o tutores legales, así como de rectoría. El consentimiento fue enviado impreso a las casas y socializado con las familias telefónicamente, posteriormente, el mismo fue enviado al Gimnasio el Hontanar con las respectivas firmas.

El análisis que se describe a continuación, da soporte al proceso de investigación implementado y la matriz permite identificar patrones y establecer relaciones de la información presentada para su interpretación. Los estudiantes seleccionados en la muestra presentaron cambios drásticos durante la pandemia, no solo se les veía afectados a nivel emocional sino también en su desempeño académico. El estudiante 1 es un niño de 8 años que al momento de la entrevista cursaba grado segundo, el estudiante 2 era un niño de 9 años que cursaba grado tercero y la estudiante número 3 es una niña de 10 años que cursaba grado cuarto de primaria. Dentro de las evidencias recolectadas se encontraban un dibujo, la respuesta a una pregunta y una narrativa que se presentan a continuación.

### 4.1 Dibujos

En la Figura 1 se exhiben los dibujos del primer estudiante de cómo percibían las clases antes de la pandemia, durante la pandemia y posterior a la misma.

En la Figura 2 se presentan los dibujos de la apreciación del segundo estudiante durante las tres etapas de la pandemia.



Figura 1. Dibujos del primer estudiante



Figura 2. Dibujos del segundo estudiante

En la Figura 3 se muestran los dibujos del tercer estudiante sobre su apreciación de las clases en los períodos asociados a la pandemia.

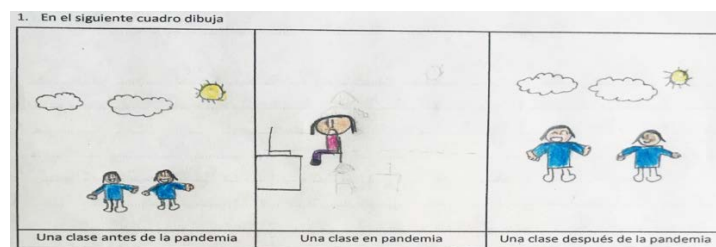


Figura 3. Dibujos del tercer estudiante

## 4.2 Respuesta a la pregunta formulada

Los estudiantes debían escribir la respuesta a la pregunta: ¿Qué esperas una vez la pandemia se termine?

- *Estudiante 1:* Quiero volver a viajar, ver a mis abuelos que están en Estados Unidos a quienes no veo hace 2 años y solo veo por videoconferencia y quisiera volver a abrazar a mis amigos ya que por los protocolos de bioseguridad debo mantener el distanciamiento.
- *Estudiante 2:* Que no pase otra vez o que no haya otro virus como este. Después de la pandemia iría de viaje a San Andrés o Cartagena y hacer guerra de Paintball, además de jugar con mis primos.
- *Estudiante 3:* Espero poder ir más seguido a la casa de mi primo, también espero poder quitarme el tapabocas y poder dejar de guardar el distanciamiento social.

## 4.3 Narrativa

De acuerdo con tu experiencia personal, relata una historia acerca de las dificultades frecuentes de un día de clases remotas, en tu historia expón cómo te sentiste y con quién dialogaste.

### 4.3.1 Un día feo, según estudiante 1

Un día, un niño estaba en una clase remota y la profesora le pidió que le dijera una respuesta. El niño no sabía la respuesta y se puso a llorar, fue para que el papá le dijera a la profesora, después el niño habló con la profesora, se demoró mucho hablando con la profesora y se solucionó el problema. Finalmente, el niño se sentía tranquilo.

### 4.3.2 Un día que quieres que no pase otra vez, según estudiante 2

Había una vez un niño que le pasó no poder hacer casi nada de clases porque uno, la memoria de su computador estaba casi llena, dos, no tenía buen internet y por eso estuvo haciendo en su primer descanso borrando todo lo que no necesitaba y la tercera hora de clase pudo hacer un poco del trabajo pero a la cuarta hora el internet estaba tan malo que no podía hacer nada, no entendía nada esta vez y le dijo a sus papás que aumentaran el internet a lo que necesitara, entonces pudo hacer la quinta, sexta y séptima hora, pudo hacer los trabajos bien mientras los otros tuvo que hacerlos en su tiempo libre por suerte eran fáciles y terminó todos en una hora y quince minutos, logró descansar toda la tarde y noche. Colorín colorado este cuento se ha acabado.

### 4.3.3 Uno de mis mayores restos en clases virtuales, según estudiante 3

Un día en un lunes en la mañana, me levanté e hice mi rutina normalmente para conectarme a las clases virtuales hasta que de pronto el internet empezó a fallar. Yo sentí un poco de pánico, pero me di cuenta de que no era solo yo, sino que mis papás también tenían problemas de internet. Cuando me di cuenta de que no era solo yo me tranquilicé. Esto lo dialogué con mi papá y mi mamá pues son las personas con las que más tengo confianza. Decidimos calmarnos y buscar posibles soluciones para este problema. Finalmente, reiniciamos el modem del internet y éste volvió.

## 5. CONCLUSIONES

Los hallazgos obtenidos en el presente estudio permiten determinar tres categorías, las cuales dan respuesta a los objetivos específicos que se plantean:

1. Identificar los elementos de la educación (videoconferencias, entornos virtuales de aprendizaje, plataformas digitales y alternancia escolar), que afectan la capacidad de resiliencia académica de los estudiantes para dilucidar estrategias pedagógicas que mitiguen las respuestas emocionales negativas de los estudiantes.

La información presentada en la matriz de análisis de resultados responde al objetivo anterior y fue arrojada por las categorías: satisfacción de la vida actual y pensamiento resiliente.

La situación de los estudiantes en sus respuestas y narrativas evidenciaban adaptación al entorno vivido; sin embargo, son evidentes que elementos de la educación remota propuesta para darle continuidad al aprendizaje en tiempos de pandemia. Cada uno de ellos manifestó que existían fuentes de malestar generados en su mayoría por situaciones presentadas en sus clases y que desarrollaron un sentimiento de ansiedad, situaciones consideradas como atípicas que en estas edades necesitaban solucionar con la ayuda de un adulto.

Dichas fuentes de malestar les enfrentaban a retos relacionados con la interacción virtual y dificultades con dispositivos y conexión, la cuales debían afrontar para poder cumplir con sus obligaciones académicas; por su puesto, tanto padres como profesores estaban siempre dispuestos a orientar y apoyar a los estudiantes. Adicionalmente, los estudiantes objeto del estudio presentaron altibajos académicos durante la educación remota y a través del tiempo se evidencia como el pensamiento resiliente empieza a emerger demostrando una adaptación sistemática a la realidad que enfrentaban.

2. Describir cómo los cambios escolares generados por la emergencia sanitaria derivada del Covid-19 se asocian con la capacidad de resiliencia de los estudiantes para lograr una mejor comprensión de la realidad escolar que viven los estudiantes de primaria.

Para responder a este objetivo se tuvo en cuenta la categoría de *pensamiento resiliente* enfocado en cuatro habilidades esenciales para el fortalecimiento de la resiliencia: adaptación, empatía, autorregulación y reintegración.

La adaptación registra acciones que mitigan el malestar generado por una situación adversa como hablar con alguien, esforzarse o buscar ayuda para hallar la solución. La empatía registra acciones que muestran cómo se puede poner en el lugar de otro para comprender su situación como cuando una profesora atiende las inquietudes y le ayuda a sentirse más tranquilo o cuando sus padres escuchan las sugerencias de sus hijos. La autorregulación registra acciones, pensamientos y sentimientos que permiten superar dificultades como al expresarse, gestionar su propio tiempo y reflexionar acerca de la situación con más tranquilidad. Finalmente, la reintegración que registra actitudes que permiten un pensamiento positivo hallando soluciones y cambiando la perspectiva de las situaciones adversas.

El presente estudio es un hallazgo temprano de las situaciones que se pueden presentar como consecuencia de la educación remota y por este motivo, es importante pensar en estrategias pedagógicas que ayuden mitigar las consecuencias emocionales que esto acarrea. Es en el colegio en donde debemos actuar para ayudar a nuestros estudiantes a sentirse mucho más seguros e independientes, generando en ellos un pensamiento resiliente que les fortalezca para poder afrontar la adversidad. La pandemia nos enseñó que existe una nueva competencia a desarrollar y es el *saber sentir*, ésta permite que los niños puedan adquirir la capacidad de superar las adversidades que amenazan el adecuado desarrollo educativo.

Al finalizar el análisis de la información presentada por los participantes en el presente estudio se presenta un insumo importante para que desde una mirada pedagógica se puedan establecer o diseñar estrategias pedagógicas en el aula que fortalezcan el nivel de resiliencia académica en los estudiantes, especialmente pensando en esta generación que ha sido históricamente abatida y que tuvo que adaptarse en tiempo récord a una realidad forzada e ineludible.

Los resultados de este estudio develan que la capacidad de resiliencia en los estudiantes de la primaria del Gimnasio el Hontanar se vio afectados durante la educación remota en tiempos de pandemia, generando en ellos incertidumbre, ansiedad y tristeza. Cada uno de los participantes en el estudio afrontaron la situación de una manera diferente, pero todos ellos concluyeron que la educación presencial es mucho mejor y se sentían muy felices de volver al colegio e interactuar con sus compañeros así fuera manteniendo estrictos protocolos de bioseguridad.

Sin dejar de considerar las discusiones anteriores, este enfoque holístico debe ser tenido en cuenta en la educación y ahora más que en cualquier momento. Nos enfrentamos no solo a un atraso pedagógico que está causando una heterogeneidad académica sino a un proceso de formación que debe fortalecerse desde lo emocional y lo social. Como educadores debemos hacer un alto y pensar cómo hacer que mis estudiantes sean más hábiles a nivel emocional que cognitivo porque de lo primero se fundamenta lo segundo; todo esto obliga a una reflexión más profunda de lo que implica implementar estrategias de fortalecimiento de la resiliencia en la escuela.

Asimismo, los factores generadores de resiliencia presentes en cada individuo son diferentes ¿Qué podría hacer la educación para que estos fueran más constantes? ¿Cómo podremos contribuir desde la escuela a su desarrollo?

Como académicos no nos hemos puesto a pensar realmente en este tema, sabemos que el desarrollo emocional del individuo es de vital importancia para el estudiante, pero acaso ¿Sabemos cómo favorecer la capacidad de resiliencia desde nuestro rol?

Estos interrogantes plantean un camino que hasta ahora se empieza a recorrer y que aún es extraño para muchos. La escuela es un espacio en el cual los estudiantes deben aprender en condiciones que permitan favorecer los factores generadores de la resiliencia, en ningún momento alejándolos de la adversidad sino enseñándoles a afrontarla y a gestionarla cada vez de una manera más autónoma.

## REFERENCIAS

- [1] Belmonte L. (2014). Resiliencia y educación: principios y estrategias. *Conhecimento y Diversidade* 6, 41-64.
- [2] García J. (2012) La educación emocional, su importancia en el proceso de aprendizaje. *Revista Edu.* 36, 97-109.
- [3] Rutter M. (1993). Resilience: Some conceptual considerations. *Journal of Adolescent Health* 14, 626-631.
- [4] López M. (2010). La arquitectura de la diversidad. AGA.
- [5] Cyrulnik B. (2018). Resiliencia y adaptación: La familia y la escuela como tutores de resiliencia. Gedisa.
- [6] Ávila F. y González J. (2020). Reinención de la educación presencial frente a pandemia del covid-19. Trabajo de grado. Universidad Católica de Colombia.
- [7] Restrepo C. et al. (2011). Resiliencia y depresión: Un estudio exploratorio desde la calidad de vida en la adolescencia. *Suma psicológica* 18, 41-48.
- [8] Kotliarenco M. et al. (1997). Estado de are en resiliencia. Organización Panamericana de la salud.
- [9] Werner E. y Smith R. (1982). *Vulnerable but invincible: A study of resilient children*. McGraw-Hill.
- [10] Werner E. (1955). New light on the family of felix Mendelssohn. *Hebrew Union College Annual* 26, 543-565.
- [11] Anthony E. y Koupernik C. (1973). The child in his family: II. The impacto f disease and death. *Guard*.
- [12] Uriarte J. (2005). La resiliencia. Una nueva perspectiva en psicopatología del desarrollo. Elsevier.
- [13] Thomas A. et al. (1970). El origen de la personalidad. *Psicología contemporánea*. Blume.
- [14] Vanistendael S. y Lecomte J. (2002). La felicidad es posible posible. Editorial Gedisa.
- [15] Grotberg E. (1995). A guide to promoting resilience in children: Stregtheniing the human spirit. Bernard Van leer foundation.
- [16] Ungar M. y Liebenberg L. (2009). Cross-cultural consultation leading to the development of a valid measure of youth resilience: The international resilience Project. *Studia psychologica* 51, 259-268.
- [17] Luthar S. et al. (2006). Conceptual issues in studies of resilience: Past, present, and future research. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1094, 105-115.
- [18] Reich J. et al. (2010). *Handbook of adult resilience*. Guilford Press.
- [19] Rutter M. (2007). Resilience, competence, and coping. *Child Abuse and Neglect* 31, 205-209.
- [20] Ungar M. (2010). Cultural dimensions of resilience among adults. *Handbook of adult resilience*.
- [21] Zimmerman M. y Brenner A. (2010). Resilience in adolescence: Overcoming neighborhood disadvantage 283-308.
- [22] Bernard B. (2004). *Resiliency: What we have learned*. WestEd.
- [23] Henderson N. y Milstein M. (2003). *Resiliencia en las escuelas*. Editorial Paidós.
- [24] Waxman H. et al. (2004). Educational resiliency: Students, teacher, and school perspectives. *Information Age*.
- [25] Wolin S. y Wolin S. (1993). *The resilient self: How survivors of troubled families rise adove adversity*. Villard Books.
- [26] Acevedo V. y Mondragón H. (2005). Hacia un proceso de ayuda integral. *Aplicaciones del enfoque fisiológico versus modelo sociocultural*. Venezuela.
- [27] Acevedo V. y Restrepo L. (2012). De profesores, familias y estudiantes: Fortalecimiento de la resiliencia en la escuela. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud* 10, 301-319.
- [28] Correa A. (2009). *Comunicación personal*. Fundación Corficolombiana.
- [29] Wang M. et al. (1993). Toward a knowledge base for school learning. *Review of Educational Research* 63, 249-294.
- [30] Cirulnik B. (2010). *Me acuerdo... El exilio de la infancia*. Editorial Gedisa.
- [31] Manciaux M. (2003). *La resiliencia: Resistir y rehacerse*. Editorial Gedisa.
- [32] Knight J. (2007). *Instructional coaching: A partnership approach to improving instruction*. Gedisa.
- [33] Oswald M. et al. (2003). Quantifying and evaluating resilience promoting factors-teachers' beliefs and perceived roles. *Research in Education* 70, 50-64.
- [34] Acevedo V. y Mondragón H. (2006). Construcción de fortalezas tempranas. *Resiliencia en la escuela*. Pontificia Universidad Javeriana.
- [35] Cordini M. (2005). La resiliencia en adolescentes del Brasil. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud* 3, 97-121.
- [36] Mantilla L. (2001). *Habilidades para la vida. Una propuesta educativa para la promoción de desarrollo humano y la prevención de problemas psicosociales*. Recuperado: <http://www.paho.org>
- [37] Melillo A. y Suárez N. (2001). *Resiliencia: Descubriendo las propias fortalezas*. Paidós.
- [38] Melillo A. et al. (2004). *Resiliencia y subjetividad. Los ciclos de la vida*. Paidós.
- [39] Quintero A. (2005). *Resiliencia: Contexto no clínico para el trabajo social*. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud* 1, 73-94.
- [40] Rodríguez M. (2004). *Resiliencia: Otra manera de ver la adversidad. Alternativa pedagógica para la atención de niños y niñas en situación de desplazamiento*. Digiprint Editores.
- [41] Tébar L. (2009). *El perfil del profesor mediador*. Editorial Magisterio.
- [42] Tébar L. (2011). *O perfil do professor mediador. Pedagogia da mediação*. Editora Senac.
- [43] Rubio J. y Puig G. (2011). *Manual de resiliencia aplicada*. Gedisa.
- [44] Sandoval C. et al. (2020). *Migración, desplazamiento y educación en Costa Rica: Inclusión y educación de nicaragüenses en Costa Rica*. MECC.

- [45] Valencia J. y Mora R. (2006). Comportamiento resiliente. *Revista Universidad EAFIT* 42, 92-110.
- [46] Forés A. y Grané J. (2008). *La resiliencia: crecer desde la adversidad*. Plataforma Editorial.
- [47] Muñoz A. et al. (2016). Percepción de estrés e indicadores de perfeccionismo en estudiantes de secundaria. *Asociación Científica de Psicología y Educación*.
- [48] Naciones Unidas. (1951). *Convención sobre el estatuto de los refugiados*. UN.
- [49] Naciones Unidas. (1967). *Protocolo sobre el estatuto de los refugiados*. UN.
- [50] Acnur. (2014). *Tendencias globales. Desplazamiento forzado en 2014*. Acnur.
- [51] Boucher M. (2009). Finding resiliency, standing tall: Exploring trauma, hardship, and healing with refugees. *International Journal of Narrative Therapy and community Work* 4, 43-51.
- [52] Lewis D. (2010). Cambodian refugee families in the United States: Vending the tree to fit the environment. *Journal of Intergenerational Relationships* 8, 5-20.
- [53] Shteir S. (2009). I have a voice-hear me! Findings of an Australian study examining the resettlement and integration experience of refugees and migrants from the Horn of Africa in Australia. *Refuge* 26, 133-146.
- [54] Hobfoll S. (2011). The limits of resilience: Distress political violence among Palestinians. *Social Science and Medicine*. Elsevier.
- [55] Rosbrook B. (2010). The meaning of home for Karen and Chin refugees from Burma: an interpretative phenomenological approach. *European Journal of Psychotherapy and Counselling* 12, 159-172.
- [56] Horn R. (2009). A study of the emotional and psychological well-being of refugees in Kakuma refugee camp, Kenya. *Social Care* 5, 20-32.
- [57] Unesco C. (2020). La educación en tiempos de la pandemia de covid-19. *Revista Latinoamericana de Educación Comparada* 11, 250-270.
- [58] Messina D. y García L. (2020). Estudio diagnóstico sobre docentes en América Latina y el Caribe. Documento de trabajo. UNESCO.
- [59] Flores B. y Trujillo J. (2021). Los restos de la educación a distancia en las prácticas educativas durante la pandemia covid-19. *Revista RedCA* 4, 73-88.
- [60] Andere E. (2020). *¡Aprender!: Emociones, inteligencia y creatividad*. Siglo XXI Editores.
- [61] Ministerio de Educación Colombia. (2020). Resolución 1721. MEN.
- [62] Campos A. (2014). Los aportes de la neurociencia a la atención y educación de la primera infancia. Repositorio Minedu.
- [63] Gardner H. (1987). La teoría de las inteligencias múltiples. *Instituto Construir* 20, 287-305.
- [64] Moreno A. et al. (2018). La importancia de la emoción en el aprendizaje: Propuestas para mejorar la motivación de los estudiantes. *Cuaderno de pedagogía universitaria* 15, 3-11.
- [65] Nader K. et al. (2000). Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature* 406, 722-726.
- [66] Gazzo M. (2020). La educación en tiempos de covid-19: Nuevas prácticas docentes, ¿nuevos estudiantes? *Revista Electrónica del Departamento de Ciencias Sociales* 7, 58-63.
- [67] Parra M. et al. (2012). Conociendo mindfulness. *Revista de la Facultad de Educación de Albacete* 27, 29-46.
- [68] Simón V. (2007). Mindfulness y neurobiología. *Revista de psicoterapia* 17, 5-30.
- [69] Bishop S. et al. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical psychology* 11, 56-67.
- [70] Modrego M. et al. (2016). Mindfulness en contextos educativos: Profesores que aprenden y profesores que enseñan mindfulness. *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado* 87, 31-46.
- [71] Perkins S. et al. (2005). Why do adolescents with bulimia nervosa choose not to involve their parents in treatment? *Eur Child Adolesc Psychiatry* 14, 376-385.
- [72] Rebollo M. et al. (2008). Las emociones en el aprendizaje online. *Revista electrónica de investigación y evaluación educativa* 14, 1-23.
- [73] Vigotsky L. (2004). *Teoría de las emociones: Estudio histórico-psicológico*. Ediciones Akal.
- [74] Fernández E. et al. (2010). *Psicología de la emoción*. Editorial Universitaria Ramón Areces.
- [75] Tan S. y Yip A. (2018). Hans Selye (1907-1982): Founder of the stress theory. *Singapore med. journal* 59, 170-171.
- [76] Sánchez B. (2021). *El arte de pensar bien*. Editorial Diana.
- [77] Aránega A. et al. (2020). Mindfulness as an intrapreneurship tool for improving the working environment and self-awareness. *Journal of Business Research* 115, 186-193.
- [78] Salovey P. et al. (2009). The positive psychology of emotional intelligence. *AGA*.
- [79] Goleman D. y Boyatzis R. (2017). Emotional intelligence has 12 elements. Which do you need to work on. *Harvard Business Review* 84, 1-5.
- [80] Aguirre J. y Jaramillo L. (2015). El papel de la descripción en la investigación cualitativa. *Cinta de Moebius* 53, 175-189.
- [81] Ricoeur P. (2000). Narrativa, fenomenología y hermenéutica. *Quaderns de comunicació i cultura* 25, 189-207.

# El camino de la innovación metodológica para una aproximación fenomenológica de la lectura en el aula

Cristian Eugenio Carvajal López<sup>1</sup>

Nathaly Lozano Balanta<sup>2</sup>

*Universidad Metropolitana de Educación Ciencia y Tecnología, Panamá*

Leer en el aula es una experiencia que favorece en el estudiante el goce, el deleite y la motivación por recorrer territorios desconocidos, descubrir nuevos conocimientos y familiarizarse con un universo infinito de significados. En este capítulo, producto de las disertaciones doctorales en construcción de los autores, se propone que la fenomenología es un enfoque pertinente que le muestra al profesor distintas facetas y dimensiones para sistematizar su práctica pedagógica e incorporar la innovación metodológica con el fin de mejorarla. El objetivo es descubrir de qué manera el lector puede caminar por una senda que él mismo reconoce a través de la interacción con los textos, puesto que leer es un proceso que transforma y que le permite a los niños y jóvenes encontrarse con diversos conocimientos, que se encuentran a su alcance y en el centro de su propio ser.

---

<sup>1</sup> Magíster en Educación Universidad Católica de Manizales, autor de la disertación doctoral en construcción: El Código Personal de Lectura en el Fomento de la Comprensión Lectora en Escuela Nueva para la Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología de Panamá. Contacto: *cristiancl2@hotmail.com*

<sup>2</sup> Magíster en Educación desde la diversidad Universidad de Manizales, autora de la disertación doctoral en construcción: Plasticidad Metodológica un Concepto para el Fomento de Aprendizajes Transformadores en Básica Primaria, para la Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología de Panamá. Contacto: *nathalylozanobalanta@hotmail.com*

## 1. INTRODUCCIÓN

Leer es una experiencia de vida que está más allá de las superficialidades que pueden encontrarse en las prácticas y métodos orientados hacia una lectura literal y poco reflexiva, que reduce el texto a un conglomerado de letras y palabras que para un lector sin motivación carecen de significado y sentido.

La pretensión de este trabajo es mostrar que el pedagogo puede convertir el aula de clases en un escenario innovador y un microcosmos en donde fenomenológicamente el educando experimenta las sensaciones más elevadas que se desprenden de convivir con el texto. Los aportes de [5] señalan que mientras existan lectores se producirán libros, y en estos cada una de las personas que los abren para leerlos descubrirán un mundo de insondables significados, conocimientos y saberes.

No es fácil escribir sobre un tema que ha sido profusamente abordado desde diferentes campos disciplinares, pero en este caso, se plantea, que leer es interactuar con el texto y en esta experiencia, el educando puede encontrarse con los personajes de la historia humana para aprender de ellos sobre literatura, cultura, arte, filosofía y muchos otros asuntos de relevancia para trasegar por la senda de su existencia. En los aportes de [2], se considera que la lectura, es un acto revolucionario, que es simultáneamente un evento que transforma al sujeto lector y lo prepara para que desde su mismidad transforme sus entornos de realidad.

La pregunta que se formula es: ¿de qué manera la fenomenología puede asumirse como camino para que el educador convierta la lectura en una oportunidad de innovar metodológicamente en su aula? Este interrogante es radicalmente útil para entender que el proceso de lectura concebido de este modo es fundamental en el desarrollo de estrategias pedagógicas y didácticas a través de las cuales es posible mejorar significativamente la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y la formación en las instituciones educativas.

La innovación metodológica en este corpus teórico que se plantea, tiene como punto de partida la riqueza simbólica contenida en la metáfora del camino que devela la necesidad de explorar autónomamente los distintos espacios que el sujeto recorre por su propia cuenta cuando lee con pasión, gusto y motivación. La fenomenología es, por lo tanto, una disciplina que desde autores clásicos como Dilthey (1833-1911), Husserl (1859-1938), Gadamer (1900- 2002), Ricoeur (1913-2005), comprueba que la experiencia humana es un libro abierto, quizás, el texto más importante al que cualquier persona debe aproximarse para desarrollar su capacidad de estar en el mundo y entender la razón de ser de su existencia.

Es decir, leer en la escuela se incentiva en la medida que el pedagogo es capaz de plantear estrategias innovadoras que establezcan nexos entre la ontología, la hermenéutica, la psicología y la historia como áreas del conocimiento humano que son fundamentales para descifrar de qué manera un lector siente e interactúa con los textos.

El método utilizado para responder la pregunta planteada es el de la revisión bibliográfica que emplea matices fenomenológicos para descubrir, detrás de los textos de los autores convocados, cómo puede un educador innovar metodológicamente sus estrategias para incentivar la lectura en el aula. En el apartado de discusión y resultados se proponen tres categorías emergentes que consolidan la teoría formal para argumentar lo propuesto en este capítulo:

1. Se desarrolla la noción simbólica que fortalece la metáfora del camino como la senda que el lector transita en su propio peregrinaje por los textos.
2. Se configura como categoría la pertinencia de la perspectiva fenomenológica en el fortalecimiento de habilidades para leer y transformar con la palabra escrita que se lee en los libros.
3. Define de qué manera la innovación metodológica muestra la capacidad del profesor para sistematizar sus propias experiencias de lectura y como pedagogo en un conjunto de herramientas y estrategias que favorezcan en sus estudiantes una lectura para la vida y no solo una asimilación mecánica por sistemas gráficos y ortográficos.



## 2. MÉTODO

### 2.1 Tipo de indagación

La estrategia metodológica empleada en esta investigación es una búsqueda bibliográfica que se basa en el análisis de la fenomenología como un método útil para generar la innovación metodológica, en el campo de la lectura en el aula. El procedimiento para el abordaje de los documentos seleccionados como parte de la muestra es de carácter inferencial, con la finalidad de descubrir significados ocultos, sentidos latentes y capturar de qué manera lo que exponen los autores contribuye en el desarrollo de una estructura teórica sólida y adecuada para encontrar en el proceso de lectura un mundo oportunidades de opciones formativas, lúdicas, pedagógicas y de aprendizaje.

La búsqueda bibliográfica parte de la pregunta de investigación [10], que es básica para leer críticamente los documentos que se seleccionan con el fin de estructurar de manera lógica, sintética y actualizada los aportes de los autores a los que se acude. Es muy importante asegurar, la flexibilidad como principio que fundamenta la aprehensión de los datos para que dicho proceso se asuma dialécticamente [31], es decir, efectuar un tipo de lectura que permita el análisis y la interpretación fenomenológica. Los textos, sean estos de origen gráfico, digital, de archivo o de otros formatos, se constituyen en las fuentes de información para posibilitar que el abordaje teórico se realice durante y hasta el final del proceso de indagación [12].

El enfoque fenomenológico es dinámico y ágil en este tipo de revisiones y lecturas en las que precisa reconocer los datos que están detrás de los textos, lo mismo que, los significados que pueden develarse a medida que el investigador recorre los diversos materiales seleccionados como parte del universo muestral. No todos los documentos consultados, sirven para elaborar una cita textual o parafrasear, pero aun así es muy importante citarlos como parte de la bibliografía porque muestran una ruta para encontrar ideas, conceptos y contenidos que no siempre están explícitos en una nota de autor, un archivo específico, una publicación digital o cualquier otro insumo que se tenga.

Hay tres operaciones intelectuales que son básicas en este tipo de investigación, para asegurar que la información seleccionada sea pertinente, útil y que aporte al desarrollo de las categorías que se exponen como parte de la discusión y de los resultados:

1. Identificar que comprende un trabajo detallado en el que los textos se recopilan, organizan y estructuran conforme a los niveles de exigencia planteados para cada contexto.
2. Jerarquizar, puesto que, no todas las ideas tienen el mismo valor cognoscitivo ni la misma utilidad metodológica.
3. Interpretar con base en una codificación que de manera inferencial y a partir de una lectura inductivo-deductiva, subordina las ideas principales de las secundarias para efectuar distintas combinaciones intelectuales que son básicas en la selección de los textos fundamentales del corpus del capítulo.

### 2.2 Muestra

Por tratarse de una investigación bibliográfica, la muestra está constituida por textos digitales publicados en las siguientes plataformas: Google Books, Dialnet, Scielo, revistas indexadas de educación y literatura en formato digital, repositorios de universidades y bibliotecas especializadas en literatura educativa. Los criterios de selección giran en torno a las características de publicación que tiene cada una de ellas en términos de su validez, pertinencia y utilidad científica. Se recurrió fundamentalmente a libros en formato digital y algunos artículos que de manera adecuada respondieran al desarrollo de las diferentes categorías de análisis.

### 2.3 Instrumento

Las investigaciones bibliográficas que basan sus hallazgos en el uso de textos, recurren a diferentes formas de fichaje, es decir, formatos que permiten registrar de manera clara y concisa la información que se extrae

con la finalidad de obtener los datos teóricos que se pretenden abordar. En esta investigación, se utiliza esta herramienta para efectuar un recorrido crítico y creativo por las diferentes lecturas cuyo propósito es establecer los argumentos que le dan desarrollo a las categorías emergentes y que se presentan en el apartado que corresponde a los resultados y a la discusión.

La información se concreta en una ficha documental que en la perspectiva de [9] constituye la unidad de registro donde se consignan los datos aportados por cada texto y que, desde el punto de vista de los investigadores, son útiles para el despliegue de los niveles categoriales emergentes como nueva teoría. Esta técnica que para los especialistas se denomina *ficheo*, es según [29], pertinente para aproximarse a diferentes fuentes de tipo documental con el fin de extraer la información que se requiere o información que se considera da respuesta a lo que se propone en la pregunta de investigación.

## 2.4 Procedimiento para la codificación y el análisis

El procedimiento empleado para analizar y codificar la información extraída de los textos, es manual y no incluye apoyo logístico en Atlas Ti o en otra herramienta digital de esta misma naturaleza. Se parte de una selección prudente y ajustada de los contenidos siguiendo un escalamiento inductivo-deductivo, que tiene como finalidad depurar y filtrar los datos teóricos que sean útiles para sustentar conceptualmente las categorías que se determinaron como hallazgos del proceso investigativo.

El procedimiento tiene como línea de base la aprehensión de significados latentes a partir de una lectura crítica, creativa y que tiene como finalidad des-codificar los textos para codificar de nuevo los hallazgos en términos de datos. En esta forma de proceder, es muy importante recurrir a un tipo de lectura inferencial en la que lo más importante es establecer de qué modo la pesquisa encuentra en la bibliografía masa crítica para resignificar lo planteado por los autores consultados.

El dato es en la práctica una información teórica que se extrae al leer los autores convocados en este estudio y que de modo crítico se refieren a la lectura como un proceso fenomenológico que plantea la necesidad de innovar las metodologías en el aula, esto es, se trata de configurar un camino de indagación propio que muestra progresivamente la complejidad de los conceptos para arribar a diferentes conclusiones. El procedimiento, propone unas categorías emergentes que como hallazgos teóricos se presentan descriptivamente en el apartado de discusión y resultados y que son finalmente el insumo cognitivo que recoge de manera sinérgica y crítica la perspectiva teórica, la experiencia de los actores y los aprendizajes derivados de la lectura como gestión viva del conocimiento.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Metáfora del camino

Una de las expresiones poéticas más utilizadas en diferentes campos del conocimiento, disciplinas y concepciones teóricas es la de Machado [17], cuando dijo: *caminante no hay camino, se hace camino al andar*; a pesar de su uso reiterado y un tanto repetitivo, no deja de ser pertinente para comenzar esta *andadura intelectual* [20]. Por un territorio de oportunidades de diálogos inter y transdisciplinarios como es el de la lectura en el aula desde una perspectiva fenomenológica. El uso de la simbología, la riqueza expresiva y semántica de los andamiajes metafóricos, es un recurso válido para adentrarse de manera profunda en el océano del saber epistemológico y ontológico de la ciencia y la investigación aplicada a la innovación metodológica como la estrategia, para que el estudiante logre acercarse con motivación al texto.

El carácter constitutivo de las metáforas en el sistema cognitivo, fue descubierto por [16], para quienes es depositaria de un valor como instrumento de pensamiento y acción, en la omnipresencia del quehacer humano para estructurar el cómo se vive, se piensa y se actúa. Desde el punto de vista de estos autores, los conceptos están anclados mayoritariamente por elementos metafóricos, que no están limitados tan solo a su sentido tradicional como exclusiva figura retórica, por cuanto, es preciso identificarla como una organización fundamental de la comprensión humana.

Si se asume que el propósito final de leer es comprender el mundo cotidiano en su vinculación con la cultura, la técnica, la ciencia, la investigación y el lenguaje, entonces, es importante sintonizar con el concepto de *metáfora viva* [30], que plantea la formación de conceptos a través de la creación de sentido en los distintos modos discursivos que están implícitos y explícitos en la palabra se escribe. La *metáfora viva* como recurso metodológico, según [8], favorece una reflexión que le da fuerza y vitalidad a las prácticas profesores, desde dos dimensiones muy concretas que ella plantea del siguiente modo: en la primera determina una estrecha relación entre pensamiento-acción-lenguaje y cultura, mientras que, en segundo término, considera que la actuación humana está influida por la experiencia y la comprensión más que por las verdades objetivas.

Se trata de proponer cambios desde el aula que en la perspectiva de [6] obedecen a nuevas concepciones epistemológicas, la influencia de la historia, la retórica científica y la sociología de la ciencia. Es, por lo tanto, una mirada integradora que muestra que en la metáfora hay una persistencia conceptual que se asume en calidad de "continuum comunicativo de la ciencia" (p.186).

La metáfora del camino no solo comunica sentidos y significados simbólicos, sino, se propone abordajes diversos y enriquecidos de la metodología para conducir al niño y al joven por los extensos campos de la lectura. La RAE [28], establece algunas definiciones de esta palabra, en una se equipará con la *tierra hollada por donde se transita*, es decir, suelo que sirve de soporte para el caminante. Otra de las configuraciones semánticas propuestas por la RAE la identifican con una *vía elaborada para transitar* y una jornada que permite pasar de un lugar a otro. Otras acepciones expresan que camino es *dirección que ha de seguirse para llegar a algún lugar, modo de comportamiento moral, medio o atributo para hacer o conseguir algo*.

Desde el punto fenomenológico, la innovación metodológica es ese camino que el profesor le muestra a los estudiantes para que anden y desanden por los extensos territorios de la lectura, para disfrutar la palabra, develar los significados ocultos en los corpus textuales, y establecer conversaciones como lo señala [27], con los más distinguidos personajes de la historia. Es el peregrinar de Coelho [7] por el camino de Santiago, el viaje de los peregrinos del islam hacia Medina y a La Meca, o la jornada del cristiano que lo conduce al Santo Sepulcro en Jerusalén. Por consiguiente, el lector busca desde sí mismo como transitar la senda y es él quien ayuda a descifrar las señales y las pistas que el profesor utiliza para guiarlo, conducirlo, orientarlo y estimularlo con decisión y alegría.

El profesor de la metáfora [13], utilizó maravillosas expresiones para referirse al concepto de camino, lo compara con un cirio encendido que ilumina el camino de los ignorantes, una mediación para que los pensamientos alcancen la morada y el reino de los dioses. Es retornar a la concepción original del concepto que en la óptica de [11] remite a la raíz del griego *méthodos* (metei-odos) que significa camino, y si se quiere llevar al campo discursivo, sugiere la noción del latín *discurrere* (correr de un lado a otro).

La innovación metodológica es justamente ese camino que aquí se propone para que el lector pueda peregrinar, transitar e incluso descubrir con el fin de encontrarse a sí mismo en el mundo de la lectura, de la palabra hablada o escrita, de los signos lingüísticos que se producen y reproducen en su vasto territorio [33].

La innovación metodológica es por sí misma un camino que se convierte desde la fenomenología en un objeto de estudio para la ciencia, dado que, según [26], *la fenomenología puede ser encarada como el camino de la conciencia natural que fuerza el paso hacia el verdadero saber*. Esta concepción teórica es útil para comprender que la lectura es compleja y al mismo tiempo una especie de *caja de Pandora*, con la que la persona se encuentra para extraer significados, sentidos, reflexiones y otros procesos de pensamiento, de alto nivel y orden superior.

Se configura un camino, que le indica progresivamente las convenciones y escalas del anhelado mapa que los piratas buscaron para acceder al tesoro enterrado en una isla desierta o en la profundidad oceánica dentro de los restos de un navío que naufragó en tiempos coloniales. Esto es quizás lo que puede esperarse de la lectura para quien lee con la actitud del peregrino, del caminante o del buscador de lo desconocido.

### 3.2 Metodología para una lectura en el aula, aproximación fenomenológica

La fenomenología es un método de enormes potencialidades para la promoción de la lectura en el aula, en concordancia con una exploración metodológica innovadora. El desarrollo de sus fases conceptuales y prácticas, sugiere necesariamente una búsqueda adecuada de sus antecedentes históricos, anclados en la filosofía y la teoría del conocimiento. Se concibe como método y modo de ver, que, para Husserl (1859-1938) reclama una investigación de la subjetividad y del mundo tal y como se presenta en [24]. Por su parte, en Dilthey (1833-1911) evoluciona como comprensión, ciencia del espíritu y hermenéutica, estableciendo el comprender en correspondencia con las diversas *expresiones de la vida* que finalmente son el insumo para la interpretación.

El enfoque, determina que el sujeto es productor de conocimiento, porque de acuerdo con [24], es la subjetividad la que se encarga de configurar la percepción, que en el campo de la lectura, es un factor clave para que el lector pueda comprometerse con el texto, interpretarlo y transformarlo de manera productiva, por lo tanto, los modos interpretativos, desde la fenomenología original de Husserl se constituyó en su tarea principal como una aproximación efectiva para dilucidar las cuestiones filosóficas, que conciernen al ser y a la naturaleza real. Lo que se busca es una explicación de la realidad social, que, para Schutz (1973-1994) [3], se le presenta tal y como la experimenta el hombre, queriendo decir que la conciencia subjetiva es en última instancia, el filtro que determina la capacidad de leer el mundo para vivir en él.

Las afirmaciones descritas en [4], resaltan que la pretensión fenomenológica busca *"conocer las formas cualitativamente diferentes en que las personas experimentan, conceptualizan, perciben y comprenden el mundo que les rodea..."*, todo esto genera, según [24], un proceso perceptivo del sujeto que le instala conscientemente en el mundo que los rodea de ahí, que la finalidad de la fenomenología es *"analizar la experiencia subjetiva"*. La primacía que se le asigna a la experiencia subjetiva como base del conocimiento es según [24], un aspecto clave para que cada sujeto construya perspectivas propias desde sus marcos referenciales.

A la luz de lo anterior, emerge un primer hallazgo, en el que la metodología como camino, muestra al sujeto el qué y el cómo definir modos propios de percepción, comprensión e interpretación, para lograr una experiencia subjetiva consciente y auto-referenciada de lo que lee. Es, por lo tanto, una exploración que al ser mediada por la fenomenología pone de relieve el papel preponderante del lector como el principal agente del saber, del conocimiento y de la sabiduría misma que cada texto leído le devela, cada palabra es un florecimiento discursivo, conceptual o práctico. No hay texto sin lector, un axioma confirmado por los trabajos de [5] en su historia de la lectura, lo que conduce a establecer que, fenomenológicamente hablando, estos dos elementos del proceso lector se unen en uno solo, en una especie de unidad fecundamente sinérgica.

La fenomenología de la lectura como método y práctica de aula, adquiere una relevancia significativa para el mejoramiento de la formación de los estudiantes y el desarrollo de sus capacidades y habilidades en los distintos campos de su itinerario vital. En el poema *Las Palabras* [22], el poeta escribió que en el centro de los textos está la palabra con su poder de conquistar, liberar y producir transformaciones en los individuos y comunidades que a ella se aproximan. La persona que lee se confunde con la estructura textual en una sola unidad, un tejido como se define en la expresión latina *textus*, que en la acepción original de [5] significa exactamente un corpus constituido por hilos y hebras, de símbolos, signos y significados que se entrelazan constantemente.

Por lo tanto, la innovación metodológica tiene como finalidad construir un clima de aula en el que la lectura como se expresa en [19], transforma la palabra en algo más que signos y símbolos. Esta idea busca liberarla de su literalidad, para que los estudiantes a partir de los relatos, las narraciones, las historias e incluso los contenidos curriculares, puedan subjetivamente configurar, como señala [27], sus propios modos de reinterpretación. No se trata de enseñar a leer o a comprender, la metodología es contrariamente a esta pretensión, la metodología motiva a cada lector para transitar, pisar, recorrer y peregrinar con sus propios pies su experiencia fenomenológica y sus entornos personales de percepción.

El papel del profesor es fundamental como guía, faro y antorcha que ilumina el camino del estudiante que lee y como se señala en [14] su reflexión pedagógica es la que descubre en el texto lo que para otras personas y en otras circunstancias pueden pasar desapercibidas. Es una especie de continuum, un ir y venir por un sendero, en el que el educando hace de la lectura un medio para reconocerse a sí mismo, una razón que inscrita por [32] en la esfera de la hermenéutica como exploración fenomenológica que termina con un relato autobiográfico. Se desprende aquí otro hallazgo epistemológico, leer es un verbo que tiene como meta generar experiencias positivas de formación y preparación para toda la vida.

La lectura motivada y reflexiva en el aula implica una metodología que sea flexible, sin reduccionismos y que estimule la libertad y la creatividad de los educandos, lo más importante es lograr que el niño o el joven que lee, se compenetre profundamente con el texto, fortalezca su capacidad de automotivación, y él mismo encuentre en este un océano de nuevos descubrimientos. Esta intención plantea la necesidad de un profesor lector, que él mismo haga de la fenomenología su propia experiencia y que el método en determinado momento le proporcione las herramientas didácticas y metodológicas para incentivar el gusto y los hábitos de lectura sin incurrir en los riesgos de prácticas tecnocráticas propias de una racionalidad educativa cerrada y lineal.

### **3.3 La innovación metodológica en la aproximación fenomenológica de la lectura en el aula**

Uno de los temas más estudiados en educación y en pedagogía es el del fomento de la lectura en el aula de clases y por extensión como preparación para el mundo de la vida. A pesar de la multiplicidad de abordajes teóricos, desde la didáctica, la psicología de la educación, el lenguaje, entre otras disciplinas, existe todavía un campo por conocer, en cuanto al uso de metodologías que estimulen en el educando el desarrollo de sus habilidades y competencias para leer comprensivamente, adquirir y fortalecer hábitos lectores e interactuar amigablemente con diferentes contenidos y autores. La fenomenología es un método que permite explorar la lectura a la luz de diferentes formas y figuras expresivas, retóricas y prácticas que se instauran en la conciencia del sujeto y forman parte de una estructura cognitiva, afectiva y emocional.

La innovación metodológica es la alternativa que aquí se propone para promover en los estudiantes la lectura como una experiencia placentera y una oportunidad que le muestra al profesor modos distintos de investigar en el aula y sistematizar sus experiencias significativas de transformación pedagógica. Se trata de encontrarse con las concepciones científicas que pueden modificar lo que el maestro, (así no sea del área de lenguaje), está en capacidad de hacer diariamente para lograr que los estudiantes lean, comprendan y aprendan de sus lecturas. A este respecto, las consideraciones de [1] establecen que desde el campo pedagógico y didáctico la innovación perfecciona las actividades metodológicas para la lectura mediante un trabajo científico.

En este abordaje de la innovación como acertadamente lo plantean [1], se integra una confrontación teórica y metodológica en el campo de la didáctica para satisfacer las necesidades y situaciones nuevas que proponen la construcción de un lenguaje común entre los profesores; esta articulación tiene en cuenta que la estructura metodológica proyecta un tipo de organización que revela sus tres funciones: La docencia, la orientación de los aprendizajes y la investigación. Por lo tanto, la metodología sugiere un proceso de innovación enmarcado en ideas nuevas acerca de cómo se lee y se comprende en el aula.

La metodología innovadora para [25], implica prácticas personalizadas que tienen como referente principal la interacción del estudiante con el mundo de la lectura, esta mirada reconoce la necesidad de estimular valores como la autoestima, la fascinación por la realidad y el autoaprendizaje. Esta perspectiva se aleja de los modelos tradicionales en donde leer es una práctica irreflexiva que se vale de estrategias reiterativas y de poca utilidad desde lo metodológico en emparejamiento con la lúdica y el goce que debe generar una lectura fenomenológicamente creativa, enriquecedora y subjetivamente atractiva y estimulante.

A los estudiantes se les pide leer libros extensos que el mismo profesor selecciona y que muchas veces están lejos de los entornos de realidad en los que se encuentra inmerso el niño o el joven, los resúmenes, los protocolos de lectura, los organizadores gráficos, las tablas de síntesis entre otras herramientas de comprensión, se utilizan sin una adecuada orientación y explicación que garanticen su eficiencia y eficacia.

Se da por hecho que el estudiante por su propia cuenta lee el material que se le asigna, pero no se indaga si leyó literalmente, o si en algún momento se le ocurrió asumirla con actitudes de búsqueda de los significados ocultos en las palabras de un fragmento o de un libro o simplemente como una persona que quiere establecer un diálogo amigable con el autor o del material documentado.

Estas prácticas metodológicas no son inadecuadas, es más, no pueden catalogarse como buenas o malas por sí mismas, pero sí muestran que hay una necesidad de reconfigurar la metodología a partir de la experiencia del profesor, de los intereses que el educando demuestra desde su intencionalidad y sus expectativas frente a la lectura como una actividad satisfactoria que le genera aprendizaje. Esta concepción no es nueva, e históricamente ha existido la preocupación por transformar el campo didáctico de la lectura en el aula para que sea algo más que recorrer un escrito y familiarizarse con las palabras.

En 1988, los planteamientos de [21] respecto a la innovación, sitúan el concepto desde lo metodológico, el cual representaba una propuesta pedagógica de carácter alternativo que supera las dificultades generadas por la resistencia al cambio. Los obstáculos son menores en la medida que se articule la preparación teórica y práctica con las necesidades de formación del profesor. Esta pequeña nota histórica, comprueba que el pedagogo es un agente fundamental para generar propuestas innovadoras que conviertan la lectura en una experiencia significativa en la que converge el sentido formativo de la enseñanza, la valoración de la pedagogía como disciplina y la búsqueda de resultados que generen aprendizaje para toda la vida.

De lo anterior se desprende que toda innovación metodológica sugiere respuestas emocionales y prácticas de los estudiantes [15], que se instalan en los modos específicos de acceder a la lectura como un medio para formarse académicamente y adquirir elementos que le ayuden a construir su proyecto de vida. La experiencia le enseña al profesor que el niño o el joven cuando lee, expresa fácilmente que está motivado, interesado o seducido por una lectura determinada; lo que se recomienda es, aprender a interpretar estas señales, que por lo general están asociadas a la emotividad, el afecto y la sensibilidad que se puede despertar cuando se les proponen lecturas atractivas o que ellos pueden vivir desde su ritmo y musicalidad propia para crear sus resonancias como significados, aprehensiones y vivencias.

La perspectiva fenomenológica es útil para sustentar que la innovación metodológica es algo más que implementar cambios periféricos orientados a la resignificación de ciertas prácticas que no dejan de ser superficiales y sin un contenido profundo. Leer, por lo tanto, según [23] propone que la metodología descubra los modos de hacer, de comprender, de expresar y de narrar que todo documento leído proporciona en cualquier área del saber humano o en algún aspecto de la cotidianidad. Esta pretensión es muy importante para que el educando no solo se compenetre con los materiales bibliográficos y establezca una conexión vital que le permita conocer, aprender y disfrutar de modo simultáneo e integrado.

Por lo anterior, en coherencia con los argumentos de [18], se puede afirmar que la innovación no tiene un planteamiento teórico, universal, comprensivo ni homogéneo, capaz de explicar y comprender la pluralidad. Esto significa que la palabra innovar adquiere una connotación relevante en el espacio de vida donde se dan las interacciones entre los profesores, los estudiantes y las obras literarias solo así, es posible lograr que lo metodológico se asuma como un evento significativo que se adecúa necesariamente a las cambiantes circunstancias del aula de clases, las necesidades e intereses de los estudiantes y por consiguiente, a las realidades y sentidos con los que puede encontrarse un lector al aproximarse a una estructura textual.

#### **4. CONCLUSIONES**

Los hallazgos de esta investigación muestran que la lectura en el aula está más allá del reduccionismo, que tiene como característica principal un tipo de abordaje literal, mecánico y poco reflexivo de lo que se lee. La metáfora del camino es de utilidad para entender que leer es un proceso significativo centrado en el sujeto que es capaz de trasegar por un territorio de infinitas posibilidades de significado y construcción subjetiva.

La persona que lee se compara con un peregrino que viaja hacia sí mismo y desde allí recorre distintos mundos de significación, esto es, emprende una aventura de conocimiento que le muestran un universo de

descubrimientos de la ciencia, la cultura, el arte, la literatura, la tecnología, la simbología, la tradición y todo lo que puede escudriñar mediante el uso crítico y creativo de sus habilidades para leer y entender.

La perspectiva fenomenológica proporciona elementos al profesor para convertir el aula de clases en un escenario de innovación, un espacio donde el niño y el joven leen por placer y no por obligación, se regocijan y deleitan; la lectura en el aula vista de este modo es un proceso transformador que encuentra puentes de unión entre el pasado, el presente y el futuro, como circunstancias temporales que lo ponen en contacto con la sabiduría humana en sus diferentes manifestaciones.

La innovación metodológica es para el educador un poderoso arsenal de herramientas y municiones que lo capacitan y preparan para poner a disposición de sus educandos la lectura y acercarlos al universo de la palabra. Se demuestra que mientras existan lectores, habrá autores que escriban libros para que ellos los disfruten y al mismo extraigan diferentes aprendizajes. No es fácil innovar las metodologías en el aula, mucho más aquellas que plantean una didáctica renovadora de los campos semióticos y semánticos de la lectura; sin embargo, el desafío del profesor es encontrar de qué manera sistematizar sus experiencias como lector y pedagogo para mostrar que él mismo es un artífice de estrategias novedosas que en la cotidianidad institucional, develan nuevas alternativas para motivar reflexiva y satisfactoria.

## REFERENCIAS

- [1] Addine F. et.al. (2020). *Didáctica: Teoría y práctica*. Editorial Pueblo y Educación.
- [2] Andruetto M. (2014). *La lectura otra revolución*. Fondo para la Cultura Económica.
- [3] Bisquerra R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. La Muralla.
- [4] Buendía L. (1998). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. McGraw-Hill.
- [5] Cavallo G. y Chartier R. (2011). *Historia de la lectura en el mundo occidental*. Grupo Santillana Editores.
- [6] Ciapuscio G. (2005). *Las metáforas en la creación y la recontextualización de la ciencia*. Omega.
- [7] Coelho P. (2012). *El peregrino de Compostela*. Grupo Planeta Ediciones.
- [8] Contreras I. (1994). Una alternativa metodológica para reflexionar sobre nuestra práctica docente. *Revista Educación* 2(18), 57-72.
- [9] Elizondo A. (2002). *Metodología de la investigación contable*. Editorial Paraninfo.
- [10] Esquirol C. (2017). La revisión bibliográfica base de la investigación. *Actualizaciones en Fisioterapia* 13, 37-45.
- [11] Galí N. (1999). Camino y Fundamento dos metáforas del discurso del método. *Enraonar*.
- [12] Garza A. (2009). *Manual de técnicas de investigación para estudiantes de ciencias sociales y humanidades*. Colegio de México.
- [13] Gibrán J. (2006). *Los tesoros de la sabiduría*. EDAF.
- [14] Herencia M. (2015). *Estudio fenomenológico de la experiencia de la lectura*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- [15] Jiménez R. (2014). Educación inclusiva y formación inicial del profesorado: Evaluación de una innovación didáctica basada en la producción cinematográfica desde la perspectiva del alumnado. *Revista de educación*.
- [16] Lakoff G. y Johnson M. (1995). *Metáforas de la vida cotidiana*. Teorema.
- [17] Machado A. (1998). *Caminante, no hay camino*. Planeta.
- [18] Mallart J. (2016). *Didáctica general: Formación básica para los profesionales de la educación*. Editorial Universitat.
- [19] Mendelsund P. (2016). ¿Qué vemos cuando leemos? Una fenomenología con ilustraciones. *Anuario de Literatura Comparada*.
- [20] Morin E. (1997). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Gedisa.
- [21] Nemirovsky M. y Fuenlabrada I. (1988). *Formación de maestros e innovación didáctica*. DIE.
- [22] Neruda P. (2022). *Las palabras*. Altazor.
- [23] Núñez P. y Alonso I. (2015). *Innovación docente en didáctica de la lengua y la literatura: Teoría e investigación*. Ediciones Octaedro.
- [24] Ortiz A. (2015). *Enfoques y métodos de investigación en las ciencias humanas y sociales*. Ediciones de la U.
- [25] Peña B. (2020). *Innovación aplicada a la didáctica de la lengua y la literatura*. ACCL.
- [26] Podetti A. (2007). *Comentario a la introducción a la fenomenología del espíritu*. Editorial Biblos.
- [27] Proust M. (2006). *Sobre la lectura*. Libros del Zorzal.
- [28] RAE. (2022). *Diccionario de la Lengua Española*. Recuperado: <https://dle.rae.es/camino>
- [29] Reza F. (1997). *Ciencia Metodología e Investigación*. Pearson.
- [30] Ricoeur P. (2001). *La metáfora viva*. Ediciones Cristiandad.
- [31] Sasso T. y Tamasso R. (2007). Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: A pesquisa bibliográfica. *Revista Katál Florianópolis* 10, 37-45.
- [32] Valera G. (2009). Yo, otro y el texto. Una fenomenología de la lectura. *Utopía y Práxis Latinoamericana* 14(47), 1-8.
- [33] Zuleta E. (1995). Conferencia sobre la lectura. En Bustamante G. y Jurado F., *Entre la lectura y la escritura. Hacia la producción interactiva de los sentidos* (pp. 206-232). Magisterio.



# Metodologías ágiles en la educación del diseño gráfico con compromiso social emergente

Jorge Alberto Cid Cruz<sup>1</sup>

José Ramón Rodríguez Esquer<sup>2</sup>

*Universidad Autónoma de Baja California, México*

Se presenta un modelo pedagógico centrado en los métodos ágiles MA, como herramienta para la enseñanza en el diseño gráfico en el contexto de la elaboración de proyectos de aplicación real, con tiempos cortos de creación e implementación. El proyecto consiste en la aplicación del *pensamiento de diseño* para la creación de contenidos multimedia, los cuales se presentaron en un espacio histórico dedicado a la divulgación cultural, el entretenimiento y la socialización en la ciudad de Mexicali, Baja California, México. En dicho proyecto los estudiantes, mediante diferentes técnicas de investigación y creación, conceptualizaron, idearon e implementaron los contenidos audiovisuales a partir de los criterios de viabilidad, factibilidad y deseabilidad. Si bien el proyecto se inició como un tema libre sobre la migración a la ciudad de Mexicali, fueron emergiendo nuevos conceptos y modos de desarrollo propios en equipo de trabajo, lo que devino en proyectos de compromiso social. Con la finalidad de argumentar a favor de los MA en el contexto de la educación, se implementó una serie de técnicas bibliométricas que ayudan a visualizar el estado del arte del MA en el contexto de la enseñanza, mostrando que si bien, hay casos de aplicación posicionados en el campo de la computación, aún falta explorar sus capacidades en ámbitos creativos como el diseño gráfico y otras áreas, que pueden desarrollar proyectos de corte social. A pesar de lo anterior, la experiencia descrita en este documento ofrece una posibilidad asertiva.

---

<sup>1</sup> Doctor en Diseño. Contacto: [cid.jorge@uabc.edu.mx](mailto:cid.jorge@uabc.edu.mx)

<sup>2</sup> Doctor en Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Contacto: [ramon.rodriguez22@uabc.edu.mx](mailto:ramon.rodriguez22@uabc.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La Universidad desarrolla un modelo educativo basado en el aprendizaje por competencias en un marco de flexibilidad académica y de educación continua, esto es que el estudiante sea capaz de administrar su proyecto educativo en función de su realidad socioeconómica y cultural y que las herramientas que adquiriera le permitan adaptarse a las transformaciones contextuales en el ámbito profesional [1].

En ese sentido se ha desarrollado el sistema de aprendizaje *Modalidades de Aprendizaje*, que tiene por objetivo elaborar mecanismos extra-aula para que el estudiante adquiriera las habilidades y conocimientos esperados por mecanismos alternativos a la enseñanza en el salón de clases, por ejemplo, la ayudantía docente, ayudantía de investigación, ayudantía de laboratorio y las ayudantías de extensión y vinculación, que tienen la intención de involucrar a los estudiantes en actividades que enriquecen su formación [1].

Si bien, todas estas ayudantías contribuyen a fortalecer algunas de las competencias que se especifican en el contenido de los diferentes programas de formación profesional, entre estas modalidades están los Proyectos de Vinculación con Valor de Créditos PVVC. En los cuales se establece un convenio de colaboración entre una unidad receptora (empresa o institución pública o privada) con un programa de estudios en particular [2] en el caso que nos ocupa, con la Licenciatura en Diseño Gráfico, para que los estudiantes puedan realizar actividades de aprendizaje propias de su área de profesionalización, que resulten en servicios diseñados o en la generación de productos requeridos por la unidad receptora y que normalmente no forman parte de la currículum obligatorio del plan de estudios. De tal modo que esta modalidad de aprendizaje se lleva a cabo en un ambiente de situación real.

Para poder implementar un PVVC es necesario crear un proyecto en el cual se determinan las Unidades de Aprendizaje optativas que están dentro del programa y cuyas competencias son necesarias para que los estudiantes puedan ejecutar las tareas necesarias para resolver las necesidades de la unidad receptora. Sin embargo, los PVVC son proyectos cuya vigencia es poco menor a la duración de un semestre regular (tres a cuatro meses); lo que implica elaborar estrategias de desarrollo que permitan expandir dichas competencias en un menor tiempo.

Por su parte, los modelos de enseñanza en el diseño gráfico, tienen ciertas particularidades. Por un lado, la naturaleza de la disciplina implica que los estudiantes desarrollen habilidades y competencias propias de las ingenierías, las ciencias exactas y de las artes [2] lo que deriva en la formación de un profesional interdisciplinario [3]. Por otro lado, el diseño gráfico tiene una herencia pedagógica de la Bauhaus, la escuela de diseño alemana que se basó en el modelo de los talleres medievales donde el profesor enseñaba al estudiante [4] por medio del aprender haciendo en talleres de diseño [5].

En tercer lugar, está la cuestión de la innovación en el contexto de la implementación de las tecnologías informáticas y del desplazamiento de las formas mecánicas del diseño a las formas digitales. Y finalmente, que los programas de diseño gráfico están enfocados en atender necesidades del mercado y por ende necesidades del sistema económico, sin centrarse necesariamente en necesidades o problemáticas sociales o culturales, los cuales necesitan integrarse en los planes de estudio [6-8].

Ahora bien, si resumimos las condiciones de esta disciplina: perfil híbrido de ciencias y humanidades, Aprendizaje en talleres de oficios (ahora también digitales), la necesidad constante de innovación y los cambios en el mercado, encontramos que los estudiantes tienen la impronta de desarrollar habilidades ocultas como son la capacidad para adaptarse a un entorno cambiante, pluridimensional, con situaciones muy diversas donde es necesario poder aplicar los conocimientos adquiridos de manera flexible, pero al mismo tiempo de manera efectiva. Ello supone para los profesores y sistemas educativos la tarea de implementar estrategias que se alineen a los proyectos institucionales y la volatilidad del entorno profesional.

De lo anterior se desprenden las preguntas: ¿Cómo lograr el objetivo del modelo educativo de la UABC, que integre las particularidades disciplinares del diseño gráfico, las necesidades del entorno comercial, las condiciones de trabajo a distancia y las complejidades de una realidad que suele escaparse al aprendizaje

en el aula? ¿Qué elementos existen en la formación disciplinar que propicien lo anterior? ¿Cómo organizar el trabajo para lograr tal objetivo? ¿Qué resultados inesperados se pueden obtener? En suma: ¿Cómo dirigir la formación de habilidades ocultas en el aprendizaje del diseño gráfico en proyectos de aplicación real?

Sin duda alguna, el cómo, de la última pregunta, nos sugiere que la respuesta es procedimental, sin embargo, hace falta establecer el *qué*, desde el cual, lo procedimental pueda operar. Este *qué* corresponde con el marco teórico-conceptual, que se consideró, podría intervenir de manera factual en un PVVC.

En este punto, las palabras clave fueron: *el pensamiento de diseño*, propio de los diseñadores, y un campo de sistematización de la actividad de diseñar, reciente, que ha sido trabajado de manera intuitiva por los practicantes del diseño, desde hace más de un siglo hasta convertirse en un modo muy particular de abordar preguntas de investigación y la innovación [9]; el *pensamiento de sistemas*, una tecnología teórico-metodológica que se presenta como una sistematización del pensamiento complejo, para abordar de una manera práctica cuestiones con múltiples variables de las cuales conocemos poco o casi nada [10]; la *innovación a través de las metodologías ágiles*, la cual ha sido efectiva en entornos de trabajo que requieren resultados contundentes a corto plazo como ya ha sido llevado a cabo por universidades que buscan la interacción entre disciplinas [11]; y por supuesto, *establecer las relaciones con la actividad educativa*, lo cual aún es mínimo pero con ciertos alcances, particularmente al lograr el interés de los estudiantes por el aprendizaje bajo estos métodos [12].

En cuanto a las relaciones entre el pensamiento de diseño, el pensamiento de sistemas, la educación y la innovación, primero se presentará una serie de visualizaciones de redes, para ilustrar las relaciones que existen entre los términos: Pensamiento de diseño, pensamiento de sistemas, complejidad, educación e innovación en la plataforma de Wikipedia, con la finalidad de establecer un panorama generalista de los mismos. Se mostrarán las mismas redes en español e inglés para comparar la cantidad de relaciones que nos permita contextualizar la situación particular de la información en habla hispana sobre las asociaciones que aparecen en las visualizaciones. Este tipo de representaciones sirven para organizar de una forma visual la complejidad de la información [13] a la cual es posible acceder por medios de internet usando como mecanismos los métodos digitales [14], para poder establecer deducciones relacionales a partir de la topología del grafo, con ello es posible describir el mapa de información y cómo se organiza el conocimiento en torno a un tema, como en nuestro caso.

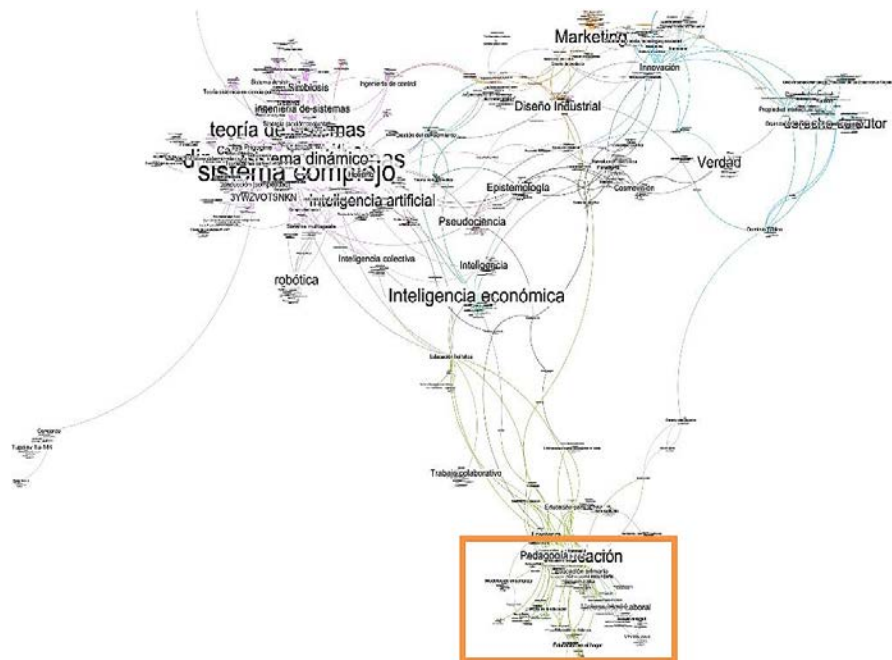
Las Figuras 1 y 2 permiten elaborar una topología de las entradas en la web. Mientras que los colores identifican campos disciplinares bien diferenciados, y los tamaños la cantidad de relaciones semánticas; la distribución, por otra parte, nos permite identificar *vecindades*, es decir campos disciplinares específicos.

Es así como en la Figura 1 vemos que el campo de la *complejidad*, al cual pertenece el *pensamiento de sistemas* es el más nutrido en entradas, se distingue por el color magenta. Le sigue el campo de la *educación*, en verde, y posteriormente en azul, el campo de los *derechos de autory* demás aspectos legales. El campo del diseño, en color naranja, tiene menos entradas asociadas a la red semántica, sin embargo, se encuentra distribuido al centro, lo que sugiere su carácter interdisciplinario.

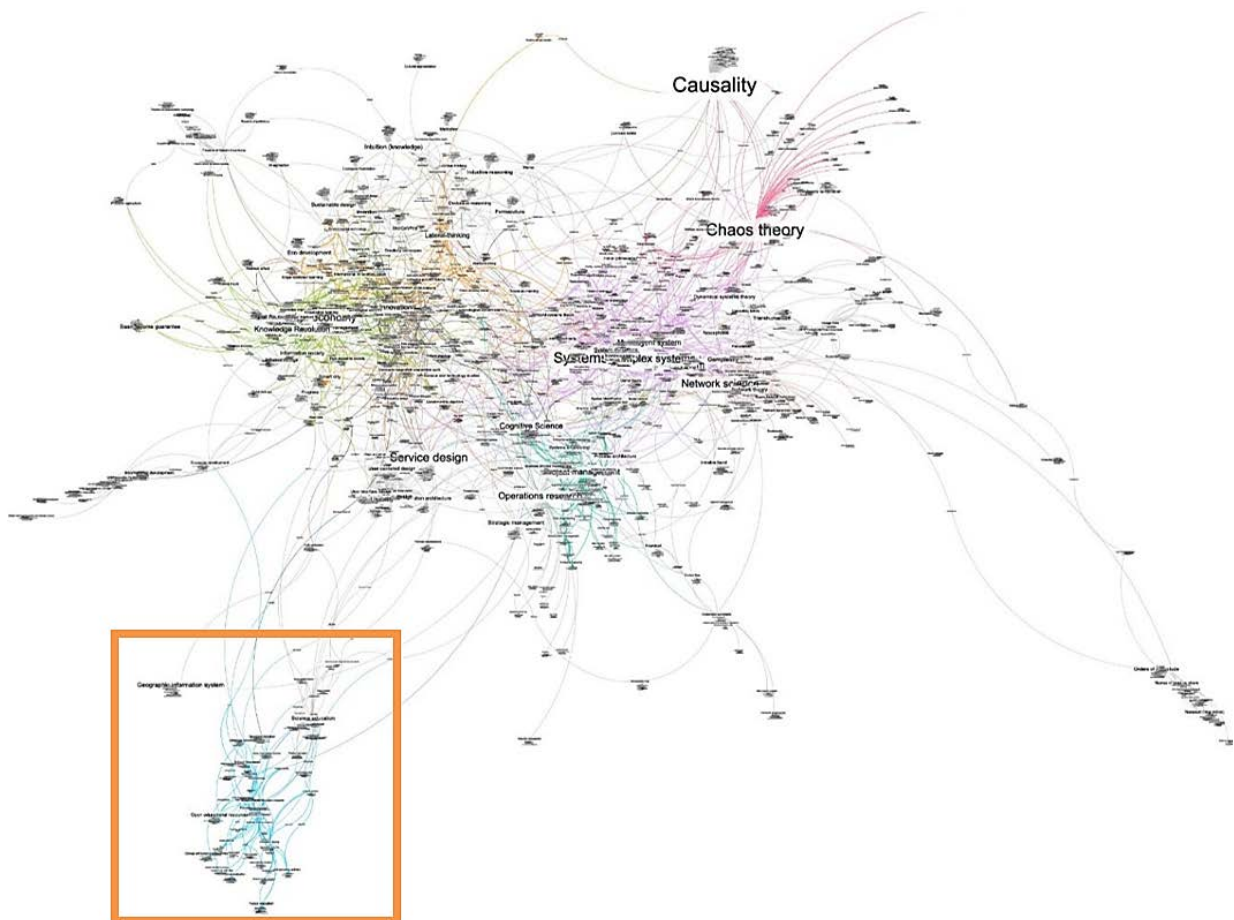
Aunque, la topología nos permite elaborar una descripción detallada; para este documento nos interesa destacar que la topología nos muestra una clara separación entre el campo de la educación y el resto de palabras clave, esto se debe a que semánticamente, la red de entradas de Wikipedia contiene vínculos más cortos y nutridos entre los campos de la complejidad, el diseño y la innovación. Esto permite inferir que el campo de la educación relacionado a estos temas ha sido poco relacionado, en todo caso, la entrada que vincula al campo de la educación con el resto se denomina *educación holística*, lo cual puede suponer un carácter experimental.

Lo mismo se puede observar en el caso de la Figura 2, donde los términos corresponden a su homólogo en inglés. A diferencia de la Figura 1, en la Figura 2 hay mayor cantidad de entradas, lo que sugiere que está más nutrida en entradas y relaciones semánticas, sin embargo, se mantiene la separación entre el vecindario de la educación y el resto de los campos disciplinares. Otro aspecto a destacar, es que, en el caso de las entradas en inglés, no hay una relación más o menos directa entre los términos buscados con el de

educación, sino que después de una revisión más detallada se identificó el término '*Educational Research*'. En pocas palabras, el término educación no se vincula con los términos de interés sino en el campo específico de la investigación educativa.



**Figura 1.** Red semántica topológica de los términos Educación, complejidad, pensamiento de sistemas y pensamiento de diseño. La topología muestra la distancia semántica entre los campos disciplinares, los colores, los diferentes campos disciplinares y los tamaños del texto la cantidad de relaciones semánticas que posee cada nodo



**Figura 2.** Red semántica topológica de Educational research, Systems thinking, Innovation, Design Thinking y Complexity. La topología muestra la distancia semántica entre los campos disciplinares, los colores, los diferentes campos disciplinares y los tamaños del texto la cantidad de relaciones semánticas que posee cada nodo. El recuadro naranja muestra el vecindario del término Educational Research

Estas redes semánticas muestran que no existe una relación directa entre la educación, el diseño, la innovación y el pensamiento de sistemas y la complejidad, o en todo caso es prácticamente invisible. De ello se puede considerar que la propuesta de trabajo que se ha buscado emplear para el caso de la educación del diseño gráfico en la UABC es inédita y por tanto puede ser fructífera para las cuatro áreas involucradas: Diseño, Pensamiento de sistemas, Innovación y Educación. Esto se puede reforzar con lo elaborado por [12], con la diferencia que, en la elaboración propia, sí se considera a la presencia del término 'Pensamiento de Diseño' en los grafos.

A continuación, se expondrán los elementos conceptuales que se integran en el modelo de enseñanza que se esbozó para este proyecto de vinculación de estudiantes de diseño gráfico con una unidad receptora, al tiempo que se presentan algunas características y problemáticas relacionadas con la educación y se apoya con otras visualizaciones de red, esta vez, extraídas de bases de datos de producción científica.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

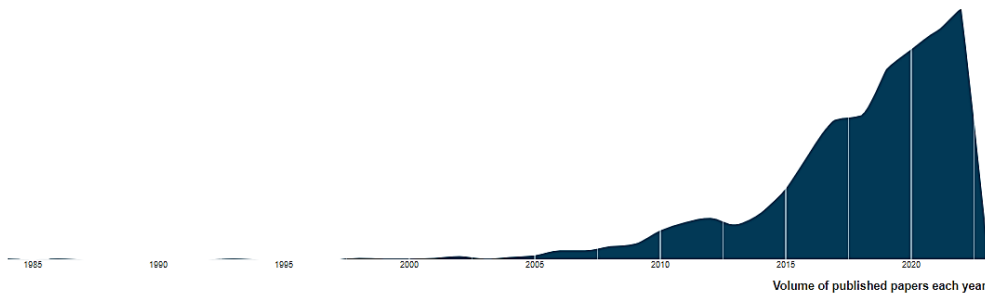
### 2.1 Pensamiento de diseño

El *pensamiento de diseño* se refiere a un conjunto de marcos teórico-metodológicos que se han desarrollado en el seno de las prácticas del diseño dentro de las universidades [15, 16]; en los despachos de diseño [17, 18]; y en la administración de la innovación [19, 20]. Se puede observar dos tendencias, la primera que considera al pensamiento de diseño como aquel que es capaz de resolver problemas retorcidos (*Wicked problems*), es decir, problemas de complejidad desorganizadas que cambian con el tiempo y son de corte social (relaciones híbridas entre humanos y no-humanos). La segunda tendencia, busca elaborar un diseño centrado en el usuario para cubrir una necesidad, a veces no prevista, a través de la empatía y donde se consideran la deseabilidad (lo que se quiere alcanzar), la viabilidad (capacidad económica para llevar a cabo un proyecto de diseño) y la factibilidad (capacidades técnicas) [17].

Respecto del modo en que se resuelve el pensamiento de diseño existen dos modelos generales, los dualistas: identifican problema-solución, se resuelven en procesos técnicos denominados divergencia-convergencia, dos actividades principales como la investigación-creación. Y los que se enfocan en las fases para resolver un diseño: conocer al usuario, idear, prototipar y evaluar [18], o inspiración, ideación, implementación [17]. También se identifica una actividad sustancial a lo largo del proceso de diseño: el *'sprint'*, que se refiere a la ejecución de una o varias tareas bien determinadas en el lapso de una semana [21–23]. Puede ser una tarea de investigación o creación, enfocada en conocer al usuario o evaluar un prototipo, etc.

Por su parte [24], considera que el diseño se desarrolla en tres niveles bien diferenciados: de los artefactos, de la planeación y de la generación de conocimientos. De acuerdo con él, en el primer nivel; el diseño se plantea en las fases pre-ejecutivas en la elaboración de objetos de diseño (carteles publicitarios, muebles, casas), como un problema entre la forma y la función. El nivel de la planeación, considera las actividades pre-ejecutivas a la gestión de programas y proyectos en la administración pública, el marketing, la educación y hasta la estrategia militar. Como tal, se centra en el diseño de estrategias. Por su parte, el tercer nivel consiste en las actividades pre-ejecutivas en la generación de conocimientos a través de la metodología de síntesis, la cual consiste en la externalización de la información con modelos visuales [13, 25–27], con la finalidad de sintetizar la complejidad de un problema para hacerlo comprensible a un grupo de interesados tal que permita abordarlo colectivamente con mayor claridad para los participantes.

Como se puede observar, el pensamiento de diseño tiene una posibilidad de aplicación muy amplia tanto para el desarrollo de artefactos técnicos y obras de arte, como para la planeación estratégica y la generación de conocimientos [28]. Al mismo tiempo puede ser concebido como una serie de actividades secuenciales o bien como una relación iterativa de actividades complementarias. Y debido a que se desarrolla en *sprints* de diseño. Llevado a la práctica, se está convirtiendo en una herramienta de innovación en el campo de la educación, lo que ha incrementado su interés en la investigación académica, como se puede dar cuenta con la Figura 3.



**Figura 3.** Incremento de publicaciones en Scopus que contienen las palabras clave *Education* y *Design Thinking* en las secciones de título, resumen o palabras clave

## 2.2 Pensamiento de sistemas

El pensamiento de sistemas viene a ser un método para acercarse a la problematización en un contexto de complejidad que debe ser organizada, primeramente, para estabilizar el problema de diseño y posteriormente se pueda abordar artefactualmente.

En [29] se establece el cambio de paradigma de la resolución de problemas simples a los de problemas de complejidad. Indica que los avances técnicos, hasta mediados del siglo XX, permitían identificar una multiplicidad de variables que en principio parecían caóticas, pero que eventualmente estas podrían ser ordenadas. Para él, hay dos tipos de problemas de complejidad, los denominados *problemas de complejidad desorganizada* y *problemas de complejidad organizada*.

Mientras que [29] considera a los problemas de simplicidad, complejidad desorganizada y complejidad organizada como estados epistémicos dentro de la actividad científica, y [30] concibe al diseño como el campo científico de lo artificial; avances más actuales proponen que el diseño puede abordar estos problemas, no con una perspectiva científica sino desde una visión radicalmente diferente, proponiéndolo, incluso, como una actividad antidisciplinar [31, 32].

Consideramos que el *pensamiento de sistemas*, tal como ha sido elaborado en [10], puede ser una herramienta que sirva para la identificación y comprensión de problemas retorcidos. Para ellos, todos los marcos metodológicos de pensamiento de sistemas consideran cuatro habilidades cognitivas fundamentales: elaborar distinciones, la organización del todo y sus partes, reconocer relaciones entre los elementos que constituyen un sistema (problema) y tomar perspectivas o modelos mentales: Distinciones, Sistemas, Relaciones y Perspectivas DSRP<sup>3</sup>. Estas cuatro habilidades permiten profundizar en los problemas a los que se enfrentan las personas. Primero identificando patrones, estructuras y posteriormente estableciendo modelos mentales. Alcanzar a modificar un modelo mental es el objetivo del pensamiento de sistemas [10] ello permite abordarlo de una manera diferente a las formulaciones deductivas tradicionales.

[10] afirman que vivimos en un mundo volátil, incierto, complejo y ambiguo VICA, muy diferente de como solemos *pensarlo*, por ende, de problematizarlo. Es decir, de manera lineal, antropocéntrico, mecánico y ordenado LAMO. Esto supone un sesgo fundamental, ya que pensamos la realidad de manera opuesta a como esta se desarrolla. Esta es una de las razones por las cuales la educación suele quedar desfasada de los problemas reales a los que los estudiantes se enfrentan una vez que están fuera del cobijo de las aulas.

Si se retoma las consideraciones de [29] en relación con la propuesta de [10], podremos ver que en ambos casos se concibe la complejidad como una base de la realidad, la cual en principio es caótica y desorganizada, debido al pensamiento lineal con el que se intenta abordarla, y por tanto se requiere su comprensión para organizarla, esto a través de la distinción del sistema, las relaciones entre las partes que lo constituyen y la perspectiva: el DSRP.

De manera más clara, el pensamiento de sistemas consiste en identificar un sistema y cuáles son sus límites (Distinciones). Estos pueden ser físicos, teóricos, técnicos o culturales, se pueden nombrar y esquematizar

<sup>3</sup> Un ejemplo de esto son los grafos presentes a lo largo del documento.

a manera de lluvia de ideas y mapas conceptuales como los propuestos en [26]. Una vez identificado la mayor cantidad de elementos que conforman el sistema estos se organizan a manera de campos semánticos (El todo y las partes), posteriormente se establecen relaciones conceptuales (relaciones) para organizar las partes en conjuntos más abstractos y finalmente se establece un marco de abordaje como resultado del proceso relacional (perspectivas). La meta de la primera fase suele ser la elaboración de preguntas de corte técnico ¿Cómo abordar el proyecto? ¿Qué componentes artefactuales son requeridos? ¿Cuánto tiempo se necesita para llevarlo a cabo? ¿Quién es el usuario?

### 2.3 Deseabilidad, factibilidad y viabilidad, las tres variables ejecutivas en el *Pensamiento de diseño*

[17] identifica tres criterios para que un diseño sea exitoso: la *deseabilidad*, que tiene que ver no solo con cubrir las necesidades de los usuarios o sus deseos de consumo, sino lograr un objetivo mayor como puede ser mejorar su modo de vida o que, aquello que se presenta como la solución, tenga sentido para la usuaria; la *factibilidad*, que está relacionada con la capacidad técnica, el *know-how* que posee el equipo de diseño o la disponibilidad de procedimientos para efectuar el proyecto de diseño posible en el futuro inmediato; y la *viabilidad*, que tiene que ver con la capacidad económica para integrarse en un modelo económico sostenible. Estos se pueden resumir en objetivo, capacidad técnica y capacidad económica.

Ahora bien, claramente el pensamiento de diseño surge del contexto empresarial y que el modelo no encaja directamente en los procesos de aprendizaje, sin embargo, no resulta complicado traducir sus contenidos al campo de la educación. Particularmente en el aprendizaje por proyectos, ya que estos, precisamente implican alcanzar un objeto a partir de determinadas condiciones técnicas y económicas, de tal modo que el proyecto de diseño en el escenario del aprendizaje puede ajustarse a estos tres criterios, como mostraremos más adelante.

Una de las particularidades de la forma en que el pensamiento de diseño se ejecuta, derivado de la complejidad desorganizada y de que son problemas que cambian con el tiempo, es que este no se puede elaborar de manera secuencial, como lo supone la actividad científica y su método científico, es decir no puede ejecutarse con la rigurosidad científica ya que los diseñadores no intentarán resolver uno de los criterios y luego el otro y así, de manera secuencial. *Por el contrario, están aprendiendo a navegar entre ellos de formas creativas.* Lo que deriva en un proceso ejecutivo iterativo e incremental con una serie de pasos intermedios donde lo avanzado se evalúa, corrige y muchas veces puede ser modificado. Esto parece contraintuitivo, pero justamente ha demostrado ser efectivo.

### 2.4 Métodos ágiles y educación

Los métodos ágiles son un conjunto de herramientas para el desarrollo de innovaciones, principalmente en el campo del desarrollo de software, aunque tienen su origen en la innovación empresarial [33] tienen como principal característica elaborar un objeto de diseño (software, herramienta, electrodoméstico) en un tiempo corto de tres a seis meses, en equipos colaborativos y bajo una lógica iterativa. Hay diversos métodos ágiles, pero en este documento únicamente se presentarán tres y se describirán sus generalidades. Finalmente, se mostrará una visualización en red que permite ilustrar las relaciones entre los métodos ágiles y su aplicación en la práctica educativa.

En [19] se presenta la metodología *Scrum* como una propuesta de innovación en el campo de la producción de tecnología doméstica cuyo objetivo era entregar desarrollos en un menor tiempo y mayor flexibilidad, en oposición a la forma tradicional *paso a paso* que podía tomarse más de un año, antes del lanzamiento de un producto. La palabra *Scrum*, surge del contexto del rugby y significa *melé*, en español. Esto implicaba conceptualizar el proyecto de innovación como un caos (desorganizado) en el que se avanza en un proceso iterativo de investigación y desarrollo mediado por la elaboración de prototipos con distinto grado de desarrollo que son evaluados casi instantáneamente y mejorados en la siguiente iteración, de tal modo que el problema y la solución son construidos simultáneamente.

Según [19], el sistema tradicional de desarrollo consiste en pasar de un grupo de especialistas a otro en fases segmentadas como si fuera una carrera por relevos. A diferencia de este, como en el Rugby el proceso

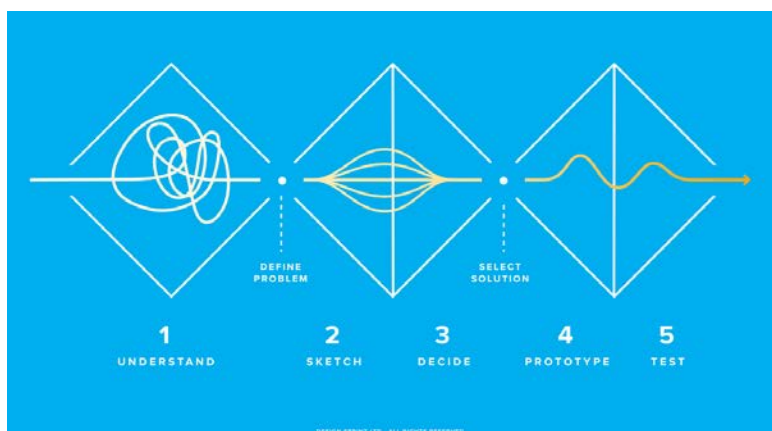
surge de la constante interacción de un grupo multidisciplinario, elegido *a mano* cuyos miembros trabajan de principio a fin durante todo el proyecto. Este modelo fue organizado para su divulgación por [34] en un modelo visual y una guía práctica que ha tenido resonancia en el campo industrial, comercial y educativo.

En [11] se elabora una adecuación del método Scrum: *SCREAM!*; cuyo objetivo es traducir el esquema que se lleva a cabo en la industria al espacio del aprendizaje. En este caso, la idea consiste en el desarrollo de prototipos de tecnología digital aplicada a resolver problemas cotidianos dentro de un *medialab* que tiene apoyo institucional y comercial. De tal modo que estudiantes de diferentes disciplinas participen en proyectos cortos de tres meses donde ellos se auto-organizan y determinan las tareas de investigación y creación de manera conjunta en encuentros semanales para retroalimentar lo elaborado en una semana y encuentros diarios de no más de 15 minutos donde actualizan el avance del día anterior. Esto les permite tener mayor flexibilidad y hacer evolucionar los proyectos sin tener el peso de lograr un objetivo rígido e inflexible, propio del tradicional modelo deductivo y por fases, bien diferenciadas.

Las características generales de estas organizaciones emergentes basadas en proyectos, como se puede sintetizar a las estructuras de trabajo bajo esta lógica y, de acuerdo con [19], son: 1) integración de equipos auto-organizados, 2) capacidad para superar las barreras personales y los límites impuestos inicialmente y la capacidad para informar e influir asertivamente entre los miembros del equipo; además, las etapas o fases de un proyecto no se siguen de manera secuencial, sino que se solapan al punto de 3) emerger un modelo de investigación y creación simultáneos [11], y 4) multi-aprendizaje, esto es que debido al contacto con diferentes informaciones dentro y fuera del equipo de trabajo, sus integrantes aprenden de sus pares.

Algunas de las limitaciones que consideran en [19] se relacionan con el esfuerzo que supone cambiar de paradigma de la hiper-especialización al aprendizaje colectivo durante la elaboración del proyecto, en el cual debe haber transferencia de conocimiento entre sus miembros, lo cual implica romper con las barreras de egoísmo que suele existir de manera natural en cualquier entorno de socialización.

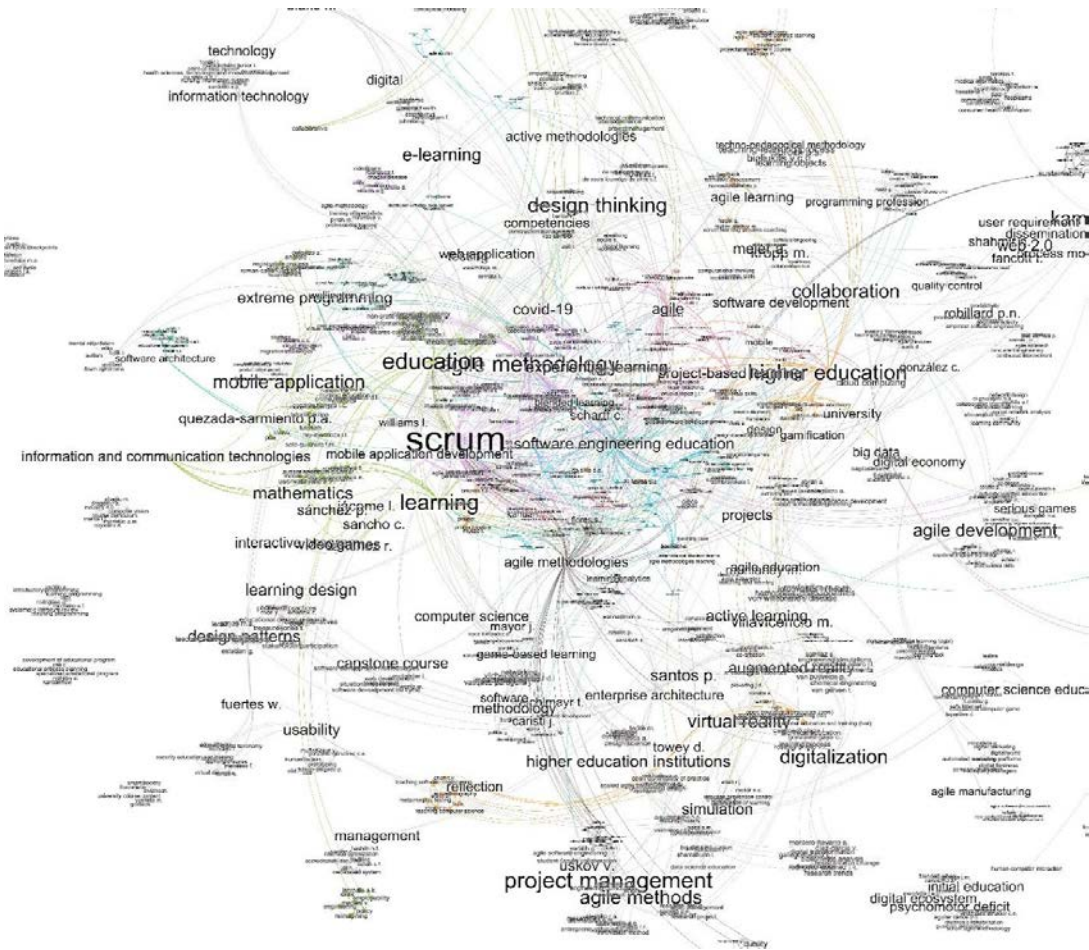
Un concepto clave en las metodologías ágiles es el *Sprint* de diseño, el concepto es común en las metodologías ágiles, pero ha sido sistematizado por [21], siguiendo la analogía con el rugby, un *sprint* se refiere al esfuerzo de corta duración y alto impacto para correr una distancia en el campo. Bajo esa idea, un *sprint* de diseño se refiere a una actividad de corta duración, normalmente de una semana; que puede ser de investigación o de creación [11, 22]. Donde, con un enfoque de diseño, se combinan diferentes técnicas de investigación científica con actividades de creativas (por ejemplo, grupos de control y procesos de ideación de prototipos) [23]. La Figura 4 muestra un esquema general de diferentes *sprints* de diseño propuesto por Google, que distingue 5 fases generales: entender, bocetar, decidir, prototipar y evaluar.



**Figura 4.** Impresión de pantalla que ilustra las actividades de un *design sprint*, tal como lo propone *Google Venture* (<https://design-sprint.com/google-ventures-design-sprint/>)

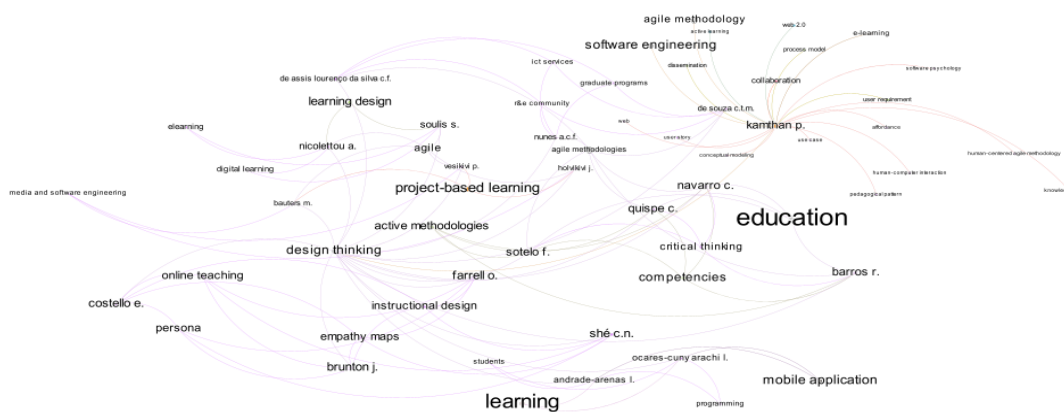
La figura 5 permite visualizar, a partir de datos extraídos de una consulta en *Scopus*; las relaciones específicas entre los *métodos ágiles* y la *educación* (*Agile Methods* y *Education*). La misma servirá de referencia conceptual para exponer más adelante que ha ocurrido en el campo de la aplicación de los métodos ágiles como estrategia de aprendizaje a nivel de educación superior.





**Figura 5.** Red de palabras clave *SCRUM, Agile Methodology, Education, Design Thinking*. La topología muestra las distancias semánticas entre las metodologías ágiles, el método SCRUM, el Design Thinking y Educación

De acuerdo con la Figura 5, Scrum aparece como la palabra clave más recurrente en los artículos recabados. Pueden identificarse también los términos *Design Thinking, Higher Education* y *Collaboration* y *Project management*. En este sentido se puede inferir la relevancia que tienen estos términos dentro del ecosistema construido. Es decir, el campo del pensamiento de diseño, aplicado al aprendizaje por proyectos colaborativos en la educación superior. Aquí se debe hacer mención del *pensamiento de diseño* aplicado en entornos de aprendizaje de desarrollo de software, tal como lo muestra la Figura 6, la cual es un extracto, rediseñado de la anterior, en la que se visualiza la ruta más corta de relaciones entre ambos términos.



**Figura 6.** camino más corto entre las palabras *Design Thinking* y *Education* en la visualización de redes. El grafo muestra los términos *Project-Based learning, software engineering, instructional design, competencias*; visibles en la distancia más corta entre *Design Thinking* y *Education*

Sin embargo, no hay relaciones claras entre los métodos ágiles y otras áreas del aprendizaje. Hasta el momento se puede confirmar que los métodos ágiles tienen una creciente implementación educativa en el campo de la computación y los artefactos digitales.

El pensamiento de diseño surge en las disciplinas del diseño para responder a problemas retorcidos, los cuales se han conceptualizado en este proyecto como problemas de complejidad desorganizada. El Pensamiento de sistemas, a través de la externalización de conceptos en mapas visuales permite delimitar el problema retorcido para ser abordado técnicamente bajo la metodología ágil denominada *Scrum*, el eje conductor es el *sprint* de diseño, el cual consiste en la combinación de actividades de investigación científica y de diseño para desarrollar una idea hasta su materialización en periodos cortos de tiempo.

Por otro lado, las relaciones de estas actividades con el campo de la educación han sido poco abordadas, y su implementación es limitada a la educación en las ciencias informáticas, tal como dan cuenta las Figuras 5 y 6. Por lo cual, estas interacciones interdisciplinarias, se proponen como una potencial área de investigación en el campo educativo, siendo este trabajo un referente que permita profundizar al respecto.

La siguiente sección expone de manera descriptiva la implementación de los métodos digitales en el PVVC y de cómo los estudiantes elaboraron contenidos emergentes a partir de la auto-organización, la superación de sus barreras personales, el multi-aprendizaje, en un contexto de resolver un problema retorcido cuyos principales criterios fueron la deseabilidad, la factibilidad y la viabilidad.

### 3. MÉTODO

Para la ejecución de esta estrategia de aprendizaje se estableció un convenio de colaboración con el *Archivo-galería Experimental, Foro Artístico y Cultural PL(A)NTA(L)IBRE*, ubicado en Mexicali, Baja California, México. Cuyo responsable es el arquitecto Minoru Kiyota que, mediante un oficio dirigido a la facultad, propuso *fomentar las actividades interdisciplinarias enfocadas en medios audiovisuales ...con el propósito de ser un espacio que fomente la creatividad y habilidades de los estudiantes* [35], de tal modo que no se solicitó resolver una problemática de diseño específica sino explorar las posibilidades creativas de los estudiantes. Lo que derivó en la siguiente competencia profesional:

*Desarrollar conocimiento interdisciplinario en un nuevo contexto gráfico, a través de la gestión de métodos, conceptos y teorías en nuevas situaciones aplicadas a la comunicación, para generar proyectos conceptuales de mercadotecnia digital y dar solución a problemas de visualización, con un enfoque creativo, crítico, y profesional* [35].

A partir de ello se convocó a estudiantes de diseño gráfico que tuvieran más del 60% de sus créditos totales a participar en el PVVC. Se estableció un calendario de actividades semanales. Y se definió con el responsable de la Unidad Receptora, un espacio histórico donde desarrollar creativamente sus habilidades.

El espacio físico fue un importante cine de la ciudad desde 1947 hasta 1992. Su estilo arquitectónico es el art Decó y fue un importante espacio para la cultura y la política de la ciudad. Actualmente ha sido revitalizado como un espacio de cultura y entretenimiento al que se denomina Mercado Cine Curto. El edificio cuenta con una sala de proyección montada en el primer piso y gradas de concreto con asientos de tela que tienen una vista hacia un gran ventanal por el que se puede mirar hacia la parte central de la planta baja. En el centro del ventanal hay una pantalla para video proyecciones tipo cortina que se puede retraer. Sobre las paredes laterales están montados dos relieves con paisajes alusivos a la era prehispánica y colonial de México.

La Figura 7 muestra que, por las características arquitectónicas de la sala de video-proyección, se aprovecharon dos medallones en relieve que se ubican en las paredes laterales sobre los cuales proyectar a manera de *video mapping* y usar la pantalla principal para proyectar los contenidos principales. De tal modo que en el *video mapping* se proyectaron segmentaciones de los contenidos audiovisuales.

#### 3.1 Metodología

Los estudiantes se organizaron equipos de trabajo y se les presentó la metodología Scrum a través del siguiente planteamiento: se les mostró el flujo de trabajo; se dieron a conocer las fases que componen el proyecto y la organización multidisciplinaria para su ejecución, para ello se propuso la metodología *Scrum* (Figura 8).

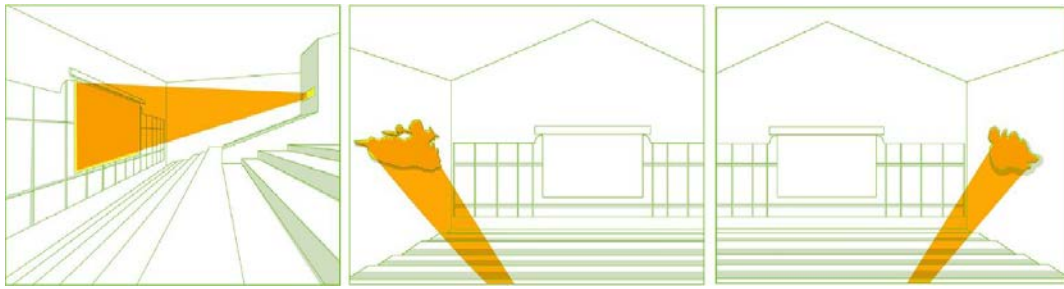


Figura 7. Esquema para diseño de montaje de videoproyección y videomapping. El esquema describe el diseño de video-proyección pensado para el proyecto que los estudiantes abordaron

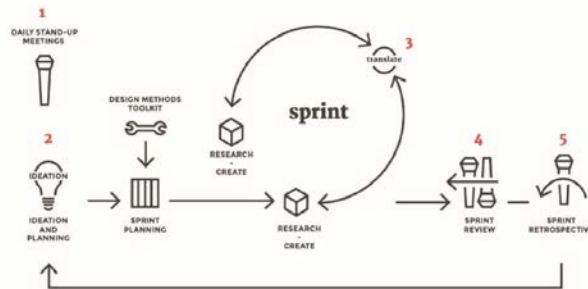


Figura 8. Método Scrum (adaptado de medialab Amsterdam)

El proceso se compone de 5 pasos que se repiten semanalmente y se elaboraron diferentes *Sprints*:

1. *Encuentros diarios*: Se anuncia al equipo el avance que ha tenido, complicaciones y posibles soluciones para tomar decisiones.
2. *Ideación y planeación*: Las decisiones que toman se convierten en acciones planificadas.
3. *Sprint*: Se refiere al conjunto de acciones planificadas a realizar a lo largo de la semana; pueden ser de investigación o de creación de contenidos.
4. *Sprint review*: Se realiza semanalmente un análisis crítico de la eficiencia y eficacia del *sprint*.
5. *Sprint retrospective*: Retroalimentación general del proceso de diseño para mejorar el sistema de trabajo en los siguientes *sprints* o en otros proyectos.

1. *Problematización*. El primero de ellos consistió en realizar una lluvia de ideas como estrategia metodológica para el planteamiento del problema y definir de manera colectiva cuál era el objeto de diseño a desarrollar. Se elaboró una delimitación conceptual a partir de una serie de preguntas que se establecieron como punto de partida. A continuación, se listan las preguntas enmarcadas en los criterios de deseabilidad, factibilidad y viabilidad.

- ¿Cuál es el tema del diseño? Se determinó que el tema fuera la migración en Mexicali. Ya que se busca generar valor patrimonial a los diversos elementos que construyen la identidad local.
- ¿Cómo imagino el producto final? Los equipos resolvieron cómo querían trabajar el tema y en qué aspectos de la migración deseaban centrarse. Un equipo determinó trabajar la migración china actual, otro la japonesa, la migración de connacionales, la migración haitiana y la migración centroamericana.
- ¿Cuál es el concepto de diseño? Cada equipo trabajó el tema de migración con conceptos bien diferenciados, pero en tres de ellos prevaleció el estilo collage con elementos tipográficos, ilustraciones y fotografía en blanco y negro. Otro equipo decidió trabajar con el método de *pin puppet* de *after effects* y el quinto equipo concibió su contenido audiovisual como teatro de sombras chino.

En las prácticas del diseño, la definición de un problema tiene como actividad fundamental la conceptualización. La Figura 9 muestra el ejercicio de investigación documental elaborada por uno de los equipos.

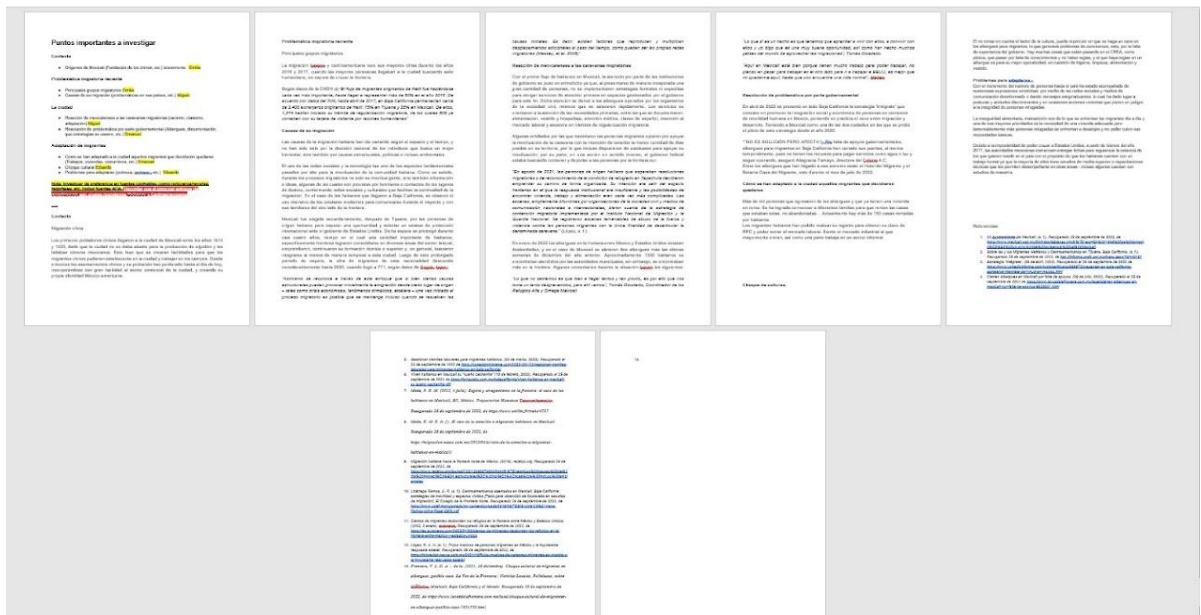


Figura 9. Investigación del proyecto *A un paso*. Se caracteriza por tratar la percepción de los habitantes de Mexicali sobre los procesos migratorios recientes

Las Figuras 10 y 11 muestran dos ejemplos de conceptualización. Cada equipo tiene la libertad de organizar la información y definir la manera más adecuada para abordar la conceptualización a partir del libre flujo de ideas.



Figura 10. Conceptualización del proyecto *Migración china a Mexicali*

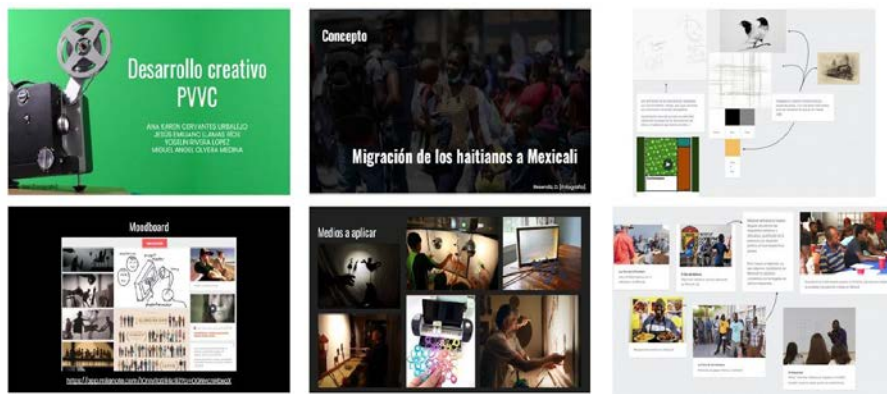


Figura 11. Conceptualización del proyecto *Travèse*

2. *Ideación*. La fase de ideación consiste en transformar los planteamientos conceptuales en ideas, desarrollarlas y probarlas. En esta fase los equipos trabajaron con inspiraciones visuales y audiovisuales, al mismo tiempo realizaron las investigaciones necesarias para consolidar la idea central de su tema y establecieron delimitaciones estilísticas y narrativas por medio de *moodboards*, guiones literarios,

entrevistas y *storyboards* (Figura 12). Cada equipo, bajo un sistema auto-organizado, determinó su proceso creativo. Cabe señalar que los procesos de investigación y creación se dieron de manera simultánea y cada equipo encontró el modo de alcanzar sus objetivos de manera particular a los demás equipos. Esto quiere decir que, en tanto proceso de diseño, los estudiantes no trabajaron de manera lineal lógico-deductivamente sino relacional-abductivamente como muestran las Figuras 12 y 13.



Figura 12. Guion y *Storyboard* del proyecto *A un paso*



Figura 13. Guion y storyboard del proyecto *Trávèse*

3. *Implementación*. Se denomina de esta manera, a esta dimensión de la investigación-creación porque el avance es determinado por las situaciones a la que cada proyecto se va enfrentando, de tal manera que es muy probable que el resultado final se desvíe de la intención original. Este modelo, si bien puede parecer que se pierde control sobre el resultado, permite la flexibilidad creativa para encontrar nuevas formas de solución sobre la marcha. Esta dimensión fue diferente para cada equipo, ello depende del concepto y del tipo de contenido (Figuras 14 y 15).



Figura 14. Materialización de personajes y grabación de escenas del proyecto *Trávèse*



Figura 15. Día del evento. Fotografías de varios proyectos ejecutados el día del evento en el Mercado Cine Curto

#### 4. CONCLUSIONES

Se ha presentado una situación particular de enseñanza basado en el modelo educativo de la UABC, que tiene por objetivo la libertad y la flexibilidad del proceso de aprendizaje de los estudiantes. También se planteó la particularidad de la enseñanza para estudiantes de diseño gráfico, quienes desarrollan un perfil multidisciplinario, el cual está enfocado en responder a necesidades del mercado, pero que también puede tener un efecto de carácter social.

De lo anterior, se planteó una serie de preguntas en torno a la capacidad de integrar estas condicionantes en un ejercicio de enseñanza que sortease estas peculiaridades; donde la principal pregunta fue: ¿Cómo dirigir la formación de habilidades ocultas en el aprendizaje del diseño gráfico en proyectos de aplicación real? Se recurrió a la idea de las metodologías ágiles porque estas han demostrado ser efectivas al abordar proyectos de innovación tecnológica, se han implementado en las universidades y han mostrado ser efectivas al momento de hacer emerger un problema y su propuesta de solución. De tal modo que las habilidades ocultas emerjan como resultado de las condiciones propias del proyecto al que se enfrentan los estudiantes en equipos de trabajo.

Como resultado de todo ello, se elaboraron cinco proyectos auto-organizados, donde los miembros de cada equipo, tuvo que aportar desde sus conocimientos técnicos y conceptuales. Además, tuvieron que desarrollar el *expertise* necesario para llevar a cabo sus tareas bajo los criterios de deseabilidad, factibilidad y viabilidad, propias del pensamiento de diseño. El modelo *Scrum* permitió a los estudiantes adaptarse a las condiciones VUCA que se les presentaron sin necesidad de reformular el proyecto, independientemente del grado de avance con el que se encontraron, permitiéndoles en su mayoría, elaborar un proyecto audiovisual de alrededor de 5 minutos en un lapso de dos meses, incluyendo la investigación, el guion, la producción y la edición.

En este sentido las metodologías ágiles se presentan como una técnica que permite ensayar el aprendizaje por proyectos basados en actividades cortas en las que se construyen simultáneamente el proyecto de diseño y el artefacto que dará solución al proyecto de diseño. Al mismo tiempo permite a los estudiantes explorar habilidades ocultas. que en actividades más dirigidas no les es posible ensayar. A pesar de lo anterior, se tiene poca bibliografía que respalde contundentemente estas propuestas de enseñanza, por lo que es necesario elaborar documentación al respecto a fin de argumentar a favor de las metodologías ágiles en entornos educativos que requieren de la creatividad para solventar problemas emergentes.

Además, se mostraron visualizaciones bibliométricas que muestran que la aplicación de los métodos ágiles en la educación no se ha expandido lo suficiente fuera del campo de la enseñanza computacional, donde tienen un auge, así mismo, el pensamiento de diseño está siendo considerado en el campo de la educación, pero todavía es un área en desarrollo. El trabajo presentado en este documento se presenta como una evidencia que argumenta a favor de la aplicación del pensamiento de diseño y de los métodos ágiles en nuevos ejercicios de aprendizaje, para lo cual se presentó un breve marco teórico que sirva como guía inicial para estos abordajes.

## REFERENCIAS

- [1] Universidad Autónoma de Baja California. (2018). Modelo educativo de la UABC, 2018. Cuadernos de planeación y desarrollo institucional.
- [2] Salinas I. (2022). Propuesta de modificación del plan de estudios 2006-2 del programa educativo Licenciado en Diseño Gráfico, Facultad de Arquitectura y Diseño, Mexicali; y Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de Las Palmas. Universidad Autónoma de Baja California.
- [3] Morales A. y González E. (2021). Interdisciplinariedad en la formación universitaria del diseño gráfico: Entre la teoría y la práctica. *EDUCA* 30(58), 45-56.
- [4] Printed Editions. (2019). *Modern Art: Transformation of the Bauhaus: From Medieval to Modern*. Recuperado: <https://www.printed-editions.com/blog/transformation-of-the-bauhaus-from-medieval-to-modern/>
- [5] Żychowska M. (2019) Bauhaus - didactic experiments and their legacy. *Global Journal of Engineering Education* 21(2), 134-138.
- [6] McQuiston L. (2004) *Graphic agitation 2: Social and political graphics in the digital age*. Phaidon Press.
- [7] Szostak B. y Boughzala Y. (2020). The role of design thinking in corporate social responsibility (CSR) strategy and its influence on innovation. *Journal of Innovation Economics & Management* 34(1), 169-195.
- [8] Resnick E. (2019). *The social design reader*. Bloomsbury Visual Arts.
- [9] Dorst K. y Cross N. (2017). Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution. *Design Studies* 22, 425-437.
- [10] Cabrera D. y Cabrera L. (2018) *Systems thinking, the crux of organizational learning*. White paper. Cabrera Research Lab & Cornell University.
- [11] Medialab. (2016). *MediaLAB Amsterdam - Design Process and Programme*. Recuperado: [https://issuu.com/medialab\\_amsterdam/docs/medialab\\_manual\\_2015](https://issuu.com/medialab_amsterdam/docs/medialab_manual_2015)
- [12] Bruegge B. et al. (2009). Agile principles in academic education: A case study. En 2009 Sixth International Conference on Information Technology: New Generations. Las Vegas, Estados Unidos.
- [13] Lima M. (2011). *Visual complexity: Mapping patterns of information*. Princeton Architectural Press.
- [14] Rogers R. (2019). *Doing digital methods*. SAGE.
- [15] Auernhammer J. y Roth B. (2021). The origin and evolution of Stanford University's design thinking: From product design to design thinking in innovation management. *Journal of Product Innovation Management* 38(6), 623-644.
- [16] Buchanan R. (1992). Wicked problems in design thinking. *Design issues* 8(2). 5-16.
- [17] Brown T. y Katz B. (2019). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation*. HarperBusiness.
- [18] Norman D. (2013) *The design of everyday things*. Basic Books.
- [19] Takeuchi H. y Nonaka I. (1986). The new new product development game. *Harvard Business Review*.
- [20] IDEO. (2020). *IDEO Design Thinking*. Recuperado: <https://designthinking.ideo.com/>
- [21] Knapp J. et al. (2016). *Sprint: How to solve big problems and test new ideas in just five days*. Simon & Schuster.
- [22] Google Venture. (2020). *The Design Sprint*. GV. Recuperado: <http://www.gv.com/sprint/>
- [23] Winfield K. et al. (2022). Design sprint methodologies transformed in a digital environment. En 24th International Conference on Engineering and Product Design Education. London, Reino Unido.
- [24] Mahdjoubi D. (2003). Epistemology of Design. En IDPT-2003. Austin, Estados Unidos.
- [25] Bertin J. y Berg W. (2010). *Semiology of graphics: Diagrams, networks, maps*. ESRI Press.
- [26] Kolko J. (2015) *Exposing the magic of design: A practitioner's guide to the methods and theory of synthesis*. Oxford University Press.
- [27] Ware C. (2022). *Visual thinking for information design*. Morgan Kaufmann.
- [28] LaRossa B. (2017). Design as a third area of general education, *Design Observer*. Recuperado: <https://designobserver.com/feature/design-as-a-third-area-of-general-education/39616>
- [29] Weaver W. (1991). *Science and Complexity*. Springer.
- [30] Simon H. (1996). *The sciences of the artificial*. MIT Press.
- [31] Ito J. (2014). Antidisciplinary. Recuperado: <https://joi.ito.com/weblog/2014/10/02/antidisciplinar.html>
- [32] Ito J. (2016). Design and Science. *Journal of Design and Science*.
- [33] Nonaka I. y Kenney M. (1991). Towards a new theory of innovation management: A case study comparing Canon, Inc. and Apple Computer, Inc. *Journal of Engineering and Technology Management* 8(1), 67-83.
- [34] Sutherland J. (2014) *Scrum: The art of doing twice the work in half the time*. Crown Business.
- [35] Cid-Cruz J. et al. (2022). Proyecto de video-proyección multimedia en espacios históricos. Informe técnico de actividades. Universidad Autónoma de Baja California.

# El desafío de la educación en la construcción de nuevas subjetividades y temporalidades colectivas en los escenarios escolares

Mónica Muñoz Gallego<sup>1</sup>

Juan Carlos Muñoz Gallego<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Surcolombiana*

<sup>2</sup> *Universidad de Manizales*

Colombia

En este capítulo y de forma reflexiva se aborda una aproximación a los desafíos de la educación de este siglo, así como del rol del profesor en su práctica en escenarios institucionales. Se emprende un discernimiento empírico y sociológico a partir de los aportes de varias disciplinas y estudios en el campo educativo, cultural y social. Para ello, se explora la relación de la práctica educativa en cuanto a los desafíos que imponen las herramientas tecnológicas, la comunicación y el propio colectivo social. El objetivo es problematizar en la importancia de los espacios escolares, replantear los modelos educativos propuestos en la relación profesor-estudiante que requiere la sociedad y el estudiante actual, no tanto como modelos, sino como diseños más eficientes que respondan a los escenarios y aulas propias de cada contexto local y particular, como estrategia para realizar un proyecto transformador de prácticas y hábitos en espacios de integración educativa. Se entiende que el campo educativo es un espacio socio-cultural en el que se buscan cambios en la forma de impartir conocimiento, con estrategias creativas, mudar los hábitos escolares y adaptarse permanentemente a los estudiantes con producciones nuevas e incorporando saberes, para pensarnos permanentemente y re-actualizarnos. Un asunto que pudiera complementarse con un debate profundo sobre aspectos propios de la inclusión social y la sociología de la educación. Al final se elaboran algunos posibles desafíos que tienen los actores escolares que trabajan en el entorno institucional, para motivar al estudiante a reconocerse como parte del cambio.

---

<sup>1</sup> Licenciada en Etno-educación, Magíster y Doctora en Ciencias Sociales. Contacto: [monica.munoz@usco.edu.co](mailto:monica.munoz@usco.edu.co)

<sup>2</sup> Abogado, Magíster en Tributación, estudiante de Doctorado en Derecho. Contacto: [jmunozg@umanizales.edu.co](mailto:jmunozg@umanizales.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

Ante la coyuntura que actualmente se vive a nivel global, el campo educativo ha comenzado tempranamente a dar un giro de pensamiento sobre las corrientes teóricas de la pedagogía y sobre las formas de enseñar en medio de la marcha. Algo que nos recuerda lo que García Márquez decía: *la virtud magnífica de los colombianos es la creatividad, pues nacemos y crecemos con ella. Los profesores colombianos son un gran ejemplo de esa creatividad*. Porque si bien son los profesores los mayormente marginalizados porque no tienen un reconocimiento por su labor, nunca han carecido de ideas creativas, innovación y recursividad para llegar al salón de clases y enseñar de una forma que extasíe al estudiante, que enamore y que inspire, sobre todo frente a los retos humanos, materiales y tecnológicos de la educación en el aula, a distancia, rural, urbana y virtual que el mundo impone [1].

Por ende, la educación en sí, debe ser una práctica de acompañamiento en la construcción de conocimiento, las personas logran formarse cuando hay una sincronía entre experiencia individual y práctica colectiva, entre participación activa y construcción crítica. Es por ello que el objetivo principal de este trabajo es unificar dos diseños pedagógicos Escuela Nueva y Aprendizaje Significativo. En su aplicación logra que se dé el reconocimiento de las personas, saber quiénes son, cuál es su contexto y cuáles son sus habilidades y necesidades; desde esta perspectiva humanista es posible alcanzar un saber que no se limita a la concepción de una verdad absoluta, sino por el contrario, aborda diferentes tipos de verdades en las que prima el modo de pensar histórico, cultural, reflexivo, crítico, experimental y deductivo de los sujetos interesados por aprender.

Es por esta razón que el objetivo es repensarnos como profesores y ofrecer unas ideas que partan de nuestra propia experiencia y que sean significativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, teniendo en cuenta que la pedagogía empieza en el imaginario áulico en el que existen sujetos diversos en todo el escenario escolar con diversas posiciones y expectativas. La pedagogía debe ser flexible, transdisciplinar, abierta, multi-metodológica, y por sobre todo humanística, su enfoque debe generar la formación de las personas acorde a su época y cultura [2].

Entre otras el trabajo se plantea diversas preguntas que llevan a reestructurar y repensar en el quehacer como profesores y futuros profesores: ¿hacia dónde va la educación? Teniendo en cuenta que actualmente se está aprendiendo desde los recursos como la radio, la teleeducación y las diferentes plataformas. El profesor puede preguntarse: ¿para qué educar? ¿En qué y cuándo educar? ¿Cómo presentar la información y el conocimiento? ¿Cómo expresar la información? ¿Cómo motivar a los estudiantes? ¿Cuáles son los principios guías y las técnicas del profesional-profesor? ¿Cuál es la mejor forma de evaluar? Mientras que el estudiante diría: ¿qué aprendo? ¿Cómo lo aprendo? ¿Por qué aprendo? ¿Para qué me sirve lo que aprendo?

Para responder a estas preguntas se puede iniciar con la corriente social, que está basado en competencias de la Escuela Nueva y el Aprendizaje Significativo, para de allí partir y crear una propuesta de diseño pedagógico. Los modelos anteriormente descritos, sin duda alguna, potencian en los estudiantes ciertas habilidades ocultas, las cuales permiten una libertad individual donde por medio del trabajo se desarrollan criterios entre el pensar, el comunicar y el actuar.

Es en este contexto, que desde el equipo de investigación de Educación y Empleo en vínculo con el grupo de investigación de historia, archivística y redes sociales (HARED), se ha venido discutiendo sobre la necesidad de que la experiencia política y pedagógica de los jóvenes en condiciones de desigualdad social en América Latina no debería tender a la reproducción del sistema dominante y excluyente, mucho menos reproducir una educación tradicional, homogenizada, uniformada y heredera de la segunda ola de modelos caducos que aplican de forma mecánica la enseñanza sin considerar el contexto.

Las nuevas escuelas y los nuevos diseños áulicos deben asumir como reto para la diversificación y el respeto del sujeto, un pensamiento crítico que no acepte las prácticas de asistencialismo y discriminación social. Se evidencia en nuestros estudios investigativos que es el propio sistema neoliberal y la estructura institucional burocratizada el promotor de una educación desintegradora, estigmatizante, desigual y subordinada [3, 4].

La construcción de este capítulo de reflexión contó con el apoyo del grupo de Historia Archivística y Redes de Investigación HARED de la Universidad Industrial de Santander, Colombia; espacio en el que se ha debatido el qué hacer educativo y con quienes hemos podido colaborar en algunos proyectos e iniciativas dirigidas a hacer parte de las dinámicas de trabajo que realiza la línea de investigación gestión educativa, cambios culturales en las comunidades, investigación y formación docente.

Se hizo foco en una metodología de análisis reflexivo de la práctica pedagógica y el rol del profesor en la sociedad colombiana actual [5], ya que, como estudiosos de la ciencia social, el derecho y la etno-educación estamos comprometidos a pensar los contextos en la educación para revertir el atraso en cuanto a la práctica docente, ya que la misma se presenta un como una educación tradicional. Se hace una breve descripción de la experiencia en la elaboración de los modelos y diseños con los que abordamos el espacio educativo en clave a la transformación y creación de espacios culturales y formativos desde lo local y lo público.

## **2. EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y LOS MODELOS PEDAGÓGICOS**

El análisis de los resultados fue realizado desde el método de análisis reflexivo y de observación participante en el departamento de Caldas y en varias instituciones escolares entre los meses de febrero-marzo, agosto-septiembre de 2021. Para este primer momento se trató de dar algunas explicaciones de los dos modelos a tomar en consideración en los espacios escolares.

En este sentido, creemos que el modelo de escuela nueva y aprendizaje significativo se fusionan para que ambas se complementen, es decir donde el centro de nuestro diseño pedagógico sea el estudiante, donde se reconozca y se valore su esencia como tal, donde se fortalezca esa libertad individual y se preparen sujetos para la vida, donde se den las formas libres del pensar y actuar. Así mismo, en este diseño, la participación del estudiante es más amplia, es el centro del proceso educativo y toda la experiencia gira alrededor de él para mantener la autonomía meta-cognoscente, generar conocimiento y mejorar las condiciones de exploración del mundo que les rodea. El aprendizaje significativo se desarrolla a través de juegos, proyectos, motivaciones, con experiencias locales y de contexto a través del uso de estrategias y oportunidades de aprendizajes nuevas e innovadores.

Hoy en día tanto la educación en contexto rural como la educación superior, por ejemplo, sobrelleva la necesidad de pensar en estrategias diferentes de enseñanza, hacer uso de las tecnologías y repensar en el que hacer pedagógico para lograr una educación de calidad y motivadora. La escuela nueva como modelo y como diseño aplicable en un contexto local, justamente se ha movilizó a otro escenario partiendo de la idea que los sujetos son libres y autónomos, en tanto que:

1. Todo aquello que se está adquiriendo y aprendiendo debe tener aplicación en la realidad.
2. La relación práctica y el contexto es importante ya que se ve reflejado en el mundo cotidiano del sujeto.
3. La pedagogía debe constantemente interrogar los pre-saberes de los sujetos y sus costumbres para estar transformándose, por lo tanto, no se detiene, se moviliza continuamente.
4. El profesor debe partir de los pre-conocimientos del estudiante y las cargas de sentidos, aprendizajes, narrativas, historias de vida, experiencias y trabajo colectivo.
5. El profesor parte del método de reconocimiento que el estudiante posee: experiencias, historias de vida y conocimientos a priori y a posteriori, por lo tanto, los identifica y potencia en el aula.

Teniendo en cuenta estos aspectos, la relación del profesor-estudiante, es bidireccional, el profesor se forma a partir de los conocimientos y aprendizajes generados por su propiedad intelectual y por su formación como aspecto unificador de la meta, la misión y el principio regulador de la pedagogía, así mismo por la interacción que tiene con sus estudiantes, con colegas y con padres de familia, con actores de diverso orden e instituciones y con el contexto mismo [6].

Entonces, debido a que este modelo implica esencialmente una reestructuración e introducción de un nuevo saber y hacer, vinculado con las condiciones y formas de transmisión del conocimiento, este podría generar

significativos sentidos de plenitud y libertad, así como la generación y construcción de reflexión nueva, que puede ser instituida entre lo que se puede mantener de lo que se ha aprendido del pasado y adaptarlo al presente educativo y al futuro que imaginamos creando nuevos ambientes de aprendizaje y nuevas didácticas de enseñanza. En cuanto a la aplicación de los dos modelos que se reflexionan, estos han sido trabajados en lo local y de forma particular impulsada por el aprendizaje y la disciplina por contenidos científicos, técnicos e inter-disciplinarios y otros campos, su método es variado según cada ciencia: económica, histórica, física, ambiental, matemáticas, entre otras.

Es decir que el compromiso de los profesores es buscar el cambio en el conocimiento y en las estrategias, estar repensando el quehacer, mudar los hábitos escolares que se vuelven precarios, adaptarnos permanentemente a los estudiantes que llegan y a los cambios de la sociedad, tener plena exterioridad y ser abiertos a las nuevas producciones, e incorporar lo viejo con los nuevos saberes, es pensarnos permanentemente y reactualizarnos. A continuación, se presenta en la Tabla 1 una propuesta adaptada.

**Tabla 1.** Diseño Pedagógico de la Escuela Nueva y el Aprendizaje Significativo

Principios	Técnicas	Evaluación	Entorno
Elevar el nivel de conocimiento. Potenciar creatividad e invención.	Reemplazar el aprendizaje pasivo por la lectura activa.	Evaluación Continua y aplicada al conocimiento en contexto diferente de aquel en el que ha sido adquirido.	La educación desde los diseños es un escenario de emancipación.
Comprensión y enseñanza de asimilación y re-equilibrio reflexivo y crítico.	Ofrecer tecnología de trabajo intelectual que contribuya a reducir desigualdad.	Evaluación y entrenamiento constante. Valoración de prácticas de trabajo distribuidas en el tiempo.	Encontrar significados en una educación pensada en una continua transformación.
Aplicación de programas abiertos, flexibles, negociados, revisables.	Desarrollar y establecer comparaciones metódicas de los programas y buscar y producir complementariedad con otras especialidades, para construir interdisciplinariedad.	Evaluación de programas coherentes con los contenidos.	Utilizar información en nueva con saberes previos que deben ser consensuados, negociados y que se construyen y se comparan para mejorarlos de forma eficiente.
Análisis de los contenidos que deben ser siempre transmisibles acorde a las capacidades de asimilación meta-cognitiva de estudiantes y por la guía y formación del profesor.	Analizar y experimentar llevando a cabo una situación o casos reales. Adaptación a saberes nuevos del profesor que guía al estudiante-aprendiz.	Evaluación a partir de prácticas de acondicionamiento constructivo de saberes con probada innovación.	Reconocer y explicar la educación desde sus diferentes significados. La enseñanza-aprendizaje debe llevar implícito un compromiso social y con el trabajo de formación pedagógica actualizada.
Síntesis del saber, el cual se privilegia más el saber asimilado que el saber teóricamente propuesto. La enseñanza nueva se considera bidireccional y se construye colectivamente.	Expresar y motivar la autonomía, la reflexión, la libre expresión.	Evaluación se considera desde la alternación de trabajos y cursos prácticos, obligatorios, facultativos, individuales y colectivos e interdisciplinarios.	Debatir sobre los casos y situaciones en el aula, estar abiertos a nuevas ideas, posturas y soluciones. La educación debe considerar contenidos opcionales y adaptados al nivel de conocimiento de los estudiantes.

La escuela nueva es la granja nueva, cualquier escuela que supere lo tradicional, bancario y mecanicista es nuevo, por ello, algunos académicos se dieron a la tarea de buscar el grado de aprendizaje de los escolares. Hace tres años, el Comité de Cafeteros y la Gobernación de Caldas, sacó el decreto departamental en el que se definió que el programa de la Universidad en el Campo y todas las instituciones rurales deben trabajar con el enfoque de la Escuela Nueva [7]. Lo principal en este modelo es que se trabaja desde el desarrollo colaborativo y desde el gobierno de aula, donde por cada aula se tiene un representante, un trabajo cooperativo, una construcción y acompañamiento de experiencias y se hace un diseño de roles de los profesores dentro del aula, muy importante para encontrar mejores formas de enseñar, además los jóvenes acceden a la educación superior y se benefician tanto los colectivos escolares como las familias que habitan los cascos rurales que no tienen los recursos para costear a sus hijos la universidad o un estudio tecnológico.

Esta discusión no es nueva, se evidencia desde Roseau, quien rescata la mayéutica socrática, mayéutica que significa parir, es decir que es el arte de ayudar a producir conocimiento, logrando que el sujeto cree

preguntas a partir de la interacción de varios actores e interrogarse por las cosas que les rodea y por las características de las cosas, el método socrático significa que debemos utilizar el dialogo, la crítica o la razón para filtrar ideas que den respuestas o lleven a una verdad. También se puede observar desde El Libro Sofía o de la educación cortesana ilustra sobre este momento inicial en la que se piensan los ambientes de aprendizaje y cómo mejorarlos.

Por otro lado, existen cinco elementos que se mueven sobre las preguntas: ¿por qué y para qué educar? y en ¿qué y cuándo educar? Su teoría sobre la pedagogía del conocimiento como disciplina científica desarrolló el concepto de los modelos a partir de la enseñabilidad de las ciencias, porque a partir de una mejor relación con los estudiantes el profesor define el modelo a seguir. En su concepto sobre constructivismo pedagógico señala que el conocimiento va desde la propuesta del conocimiento común cotidiano y los obstáculos que se le presenten, hacia el conocimiento reflexivo-afirmativo, tal como lo indicaron Kant y Popper. [2].

Por ejemplo, Kant propuso que todo conocimiento es una construcción del propio sujeto que parte de la experiencia sensible y forma la síntesis de estructuras categoriales de su entendimiento, y Popper [8] planteó la teoría de los tres mundos: cultural, teórico y científico los cuales son de carácter cognitivista-pluralista, en el sentido que, los tres mundos se encuentran en un continuo actuar e influenciabilidad de uno sobre otro, o en un dar y recibir.

Las dos teorías se pueden leer como pedagogías de la disciplina científica humanística, pero como diría Mario Bunge se quedan medio elaboradas, sin una propuesta lógica y alternativa en el marco de las ciencias cognitivas actuales. De estos principios pedagógicos se cristalizan los modelos teóricos que hoy seguimos los profesores, sin que la pedagogía pierda su valor como integrador, intérprete y contextualizador de la experiencia o modificador de su estructura y operación mental que constantemente hacen los sujetos escolares para alcanzar un mayor nivel de diversidad, complejidad e integración. Es decir que el conocimiento permite al sujeto organizar su mundo experiencial y vivencial de modo que enriquezca su conocimiento y pueda afrontar los retos o las situaciones complejas.

La cuestión según el pedagogo francés Philippe Meirieu desarrolla los conceptos de libertad, autonomía y ética para pensar la educabilidad, lo que le ha conllevado treinta años de reflexión desde el aula, por lo cual invita a hacer un ejercicio crítico sobre la dimensión positivista de la educación. Para Philippe Meirieu no hay libertad que no esté vinculada con la autonomía del individuo; no hay poder en la pedagogía que no sea el objeto de reflexión respecto de la libertad y la autonomía. Es por eso que terminamos debatiendo entre nosotros y discutimos sobre las prácticas pedagógicas como una cuestión autónoma y libre tal como fue concebida en el contexto educativo de Francia y Europa respectivamente, pero en la práctica, la realidad es que nos faltan herramientas (físicas, materiales y económicas) para cumplir con el ideal de la educación y nos falta lógica, método y sensibilidad para llevar a cabo plenamente un tipo de diseño de aula en donde los límites económicos que vulneran a los escolares y sus contextos sean tenidos en cuenta.

El interrogante que pone en el tapete Meirieu es sobre qué tipos de relaciones establecemos entre profesor-estudiante, para adaptarnos ambos al contexto escolar, para pensar en la educación del otro y los propios aprendizajes del otro, etc. Este viraje está conectado con la heteronomía, en términos de Kant, de la falta de voluntad y emancipación para seguir nuestros principios y lo que creemos como correcto, que básicamente implica ser empático con el otro en términos de cuerpo, rol educativo y percepción de nuestra cultura y nuestra historia como un todo, un universo rico que falta por explorar, así como en términos de que el sujeto escolar pueda alcanzar verdaderamente una autonomía y una libertad de forma independiente y autocrítica. Por ello, la educabilidad como principio regulador y ético de la pedagogía consiste en una esperanza social que garantice una visión humana sobre el futuro del otro cognoscente como único, libre, independiente, autodidacta y autónomo [9].

Por eso, hay que volver a los libros como La piel y el alma de Francisco Cajiado, quién plantea que *el cuerpo es la herramienta, el vehículo, la ventana y la puerta. Él fabrica imágenes y sentimientos y el alma construida a través de los años escribe sobre la piel poemas, amargas sinfonías de gestos, serenas sonrisas, historias procaces, tristes rictus faciales, o alegres y variables combinaciones de caricias e imágenes que hablan sin decir palabras y muestran con transparencias que debajo de la piel hay un alma plena* [10].

### 3. APROXIMACIÓN A LA DIDÁCTICA COMO CIENCIA Y COMO DESAFÍO

La didáctica es una rama de la pedagogía que tiene como objeto estar al pie del proceso docente-educativo y del proceso cultural para dirigirse a los escolares de un modo empático. También se define, como aquel proceso que de modo sistematizado se enfoca a la formación integral del escolar, es decir que desarrolla tanto su pensamiento como su emotividad, entonces didáctica y educación están permanentemente enfrentados a los retos que los espacios educativos les ofrecen, con prácticas y dispositivos de control y reglas diseñadas en cierto sentido para la convivencia social.

Sin embargo, en esa interacción, se debe fijar bases del aprendizaje donde el otro no se sienta menos que nadie, sino entre iguales y con las mismas oportunidades para cumplir sus objetivos. La relación del profesor-estudiante tiene de por sí, un vínculo pedagógico con tensiones y resistencias por el poder, autoridad o mal llamada superioridad entre los sujetos profesor-estudiante. Para Meirieu, esa resistencia exige a los sujetos-profesores no renunciar a los desafíos que le impone el enseñar desde la libertad y la autonomía del otro, hacer que la resistencia y la tensión sean una oportunidad de aprendizaje, hacer como que el espacio escolar (escuela y universidad) tenga un discurso esperanzador para alimentar la búsqueda y la exploración de nuevas fronteras investigativas dejando de lado la educación mecánica, jerárquica y bancaria por una pedagogía del amor.

Respecto al modelo de la Escuela Activa, se evidencia que se movilizan elementos del pensamiento filosófico constructivista y de la corriente naturalista, que es básicamente que el profesor está a cargo de la acción pedagógica, pero no se debe dejar de lado que profesor y estudiante deben dialogar y hacer mutuos acuerdos, con estas prácticas se promueven intervenciones intersubjetivas buscando condiciones que favorezcan el aprendizaje. Es un tipo de modelo más flexible que los anteriores modelos tradicionalistas. La participación del estudiante es más amplia, el estudiante es el centro del proceso educativo y toda la experiencia gira alrededor del estudiante para la autonomía del estudiante, genera conocimiento recíproco y condiciones para que se exploren nuevas alternativas.

Se desarrolla a través de juegos, proyectos, motivaciones, con experiencias locales y de contexto. María Montessori por ejemplo fue la primera mujer que logró título de doctorado y ella trató el tema de los escolares para mejorar sus competencias y habilidades a través del uso de estrategias propias de los estudiantes que llevara a la creación de ideas y oportunidades para los escolares para que aprendieran de forma autónoma a leer e interpretar los estudios básicos, los resultados los transfirió a la escuela normal para todos los niños.

Hoy en día la educación universitaria en este momento actual con la crisis por la pandemia por Covid-19, nos lleva a la necesidad de pensar en estrategias diferentes de enseñanza, buscar herramientas haciendo uso de las tecnologías para lograr que la educación continúe y usar programas online y offline abierto para todos. La escuela se ha movilizó a otro escenario, para formar sujetos libres y autodidactas, la cuestión no es la mediación, sino que todo aquello que los escolares están adquiriendo y aprendiendo debe tener aplicación en la realidad y en el contexto que viven. Aquí la relación discursiva de la práctica y el contexto es significativa, y debe verse reflejado en su trama cotidiana. En ese sentido, la pedagogía debe interrogar los pre-saberes de los escolares.

Hay cargas de sentidos, aprendizajes, narrativas, historias de vida, trabajo colectivo y el pedagogo debe partir de esos conocimientos que los sujetos tienen y plantearlo en el aula. En ese caso, la palabra es trascendental, por eso la palabra de una persona puede abrir un mundo de posibilidades o negarlas, y el campo escolar debe convertirse en el método de reconocimiento de lo que el estudiante trae consigo.

En ese mismo sentido, Chauviré y Fontaine [11] rescatan desde los postulados Bourdianos del habitus escolar, que se debe explorar las experiencias e intereses de los escolares y a partir de ahí, incentivar que los sujetos tengan sus propios proyectos de vida e ideas para la vida, para aplicarlas por fuera de la institucionalidad, para ello se les debe estimular el que expresen lo que desean e interrogar el objeto que estudian para exponer los saberes escolares, de modo que esta práctica se convierta en un habitus. El pedagogo es un auxiliar o un guía en su mejor expresión. El pedagogo es un auxiliar del estudiante, un

amigo/guía de su libre expresión, el método consiste en suprimir los obstáculos e interferencias que inhiban la libre expresión y permitir el desarrollo libre del estudiante.

El libro de las sociedades desescolarizadas de Ivan Illich [12], y autores como Rousseau y A.S Neil sugieren que, el desarrollo meta-cognoscitivo como algo natural, espontaneo y libre, pero en nuestro contexto actual llevar a cabo este modelo es complejo ya que, en el modelo cognitivo o desarrollista, el profesor es facilitador y creador de un ambiente estimulador de experiencias para el avance de nuevas estructuras cognitivas, tendiendo a lo progresivo y secuencial. El pedagogo es investigador natural, no solo como profesor, los contenidos de aprendizaje transitan por el conocimiento y se van elaborando a medida que se va aprendiendo y se va haciendo notas de campo. En ese sentido, los estudiantes construyen sus habilidades a través de la experiencia y logran alcanzar sus aprendizajes y desarrollos de manera escalonada.

De otra forma en el modelo crítico social aplicado en la educación local, la relación profesor-estudiante es bidireccional, el profesor forma al sujeto para que desde su disciplina responda a la sociedad. Se impulsa por el aprendizaje y la disciplina por contenidos científicos y técnico inter-disciplinarios y desde otros campos, su método es variado según el método de cada ciencia. Para Vygotsky, un exponente de este modelo, cada saber tiene su forma particular de construcción de aprendizaje para los estudiantes, de esa forma es diverso según el nivel de desarrollo de cada sujeto y se tiene un énfasis en el trabajo productivo y constructivo.

Mientras que el modelo de escuela activa es muy particular, porque es una de las que se toma para trabajar en el departamento de Caldas, es un modelo que se enfoca sobre todo en estudiar escuela nueva en lo rural, en cuanto se permite adecuar varios principios como la adaptación al contexto y la libre autonomía del estudiante enmarcadas en las estrategias del gobierno de aula, en lo que se ha diseñado la participación de padres en un escenario educativo, las actividades como trabajo colaborativo y los roles de los actores y las instituciones por mesas son interesantes, ya que permiten explorar disciplinas y enriquecer el conocimiento.

Estos modelos se implementan independientemente de los niveles de formación o de correspondencia entre modelos y niveles de formación. Como caso, la fundación Luker tiene interés en las competencias emocionales, competitivas, y de liderazgo de los estudiantes. La crítica que se llega hacer a estos modelos es que la modelización de la educación es una camisa de fuerza, que no permite la creatividad del proceso y la expresión multidiversa y diferencial, le quita al profesor la responsabilidad sobre su ejercicio educativo, hay unas guías curriculares pero a veces son limitadas, la estructura parece como única forma de enseñar, y no es lo único, el modelo nos dice como es la forma de enseñar, pero esto hay que transformarlo porque los contextos son variados.

### **3.1 Cambio de paradigma pedagógico**

La lógica la educación desde los diseños (y no en los modelos caducos) son un escenario de emancipación. Como educadores y fundadores de la pedagogía crítica, Giroux y McLaren [13] señalan que los saberes se negocian y ante todo se construyen en conjunto sin silenciar las voces de los escolares y vinculando las conciencias de la realidad de los sujetos, la estructura, la forma y la experiencia del mundo de cada individuo, lo cual debe ayudar a rescatar el desarrollo y actitud para que aflore la crítica y los aportes de los sujetos en el aula, de modo que se cuestione lo que se esté aprendiendo y lo que se esté aplicando. Por ejemplo, el currículo pasa por toda una cuestión de lo que nos hace humanos, las estrategias pasan por la didáctica, es como nos comunicamos, y lo didáctico implica pensar en las formas de aprender de los escolares, los posiciona en un conocimiento más especializado si se quiere.

Tanto la didáctica como la pedagogía hacen parte de todo un currículum, y la evaluación no es solamente de lo que aprende el escolar, por eso otra de las críticas que emerge por parte de McLaren es que evaluamos lo que les enseñamos, no lo que los sujetos escolares aprenden, entonces debemos fijarnos en el modo como estamos aplicando nuestras evaluaciones, el autor trae a colación la importancia de no olvidarnos de aplicar la enseñanza desde un enfoque humanista.

En ese sentido, Jacques Delors esboza un cambio de paradigma pedagógico que permite un planteamiento a la política pública de educación en Colombia y en América Latina, el autor señala que la educación puede

ser un camino hacia la libertad, la autonomía y la paz; y para ello se deben tener en cuenta tres pilares fundamentales, uno de esos instrumentos del saber es aprender a conocer, y en este pilar el rol del pedagogo se hace sumamente fundamental, ya que debe procurar por despertar el interés del escolar en querer alimentar el conocimiento sobre algo o sobre un determinado tema, el interés por el conocimiento es el mejor incentivo para el proceso intelectual, es aprender a conocer desarrollando la atención, la memoria y el pensamiento, es organizar las ideas y lo que aprendemos para tener nuevos conocimientos y ampliarlos; otro pilar muy vinculado al primero es aprender a hacer, que está relacionado con adaptar la enseñanza a las demandas de la sociedad, pero también significa adaptarse al mundo y contexto sin perder el horizonte del lugar que el sujeto escolar quiere y desea tener en la sociedad; el tercero se relaciona con el fomento de la cultura, la empatía, el conocimiento y la convivencia; por último, es importante aprender a desarrollar una conciencia crítica y un pensamiento autónomo, creativo e imaginario [14].

Tal como advierte Zubiría, persisten alarmantes debilidades en la cobertura del sistema educativo sumado al incremento de los cordones de miseria y pobreza, por eso el éxito o fracaso escolar queda supeditado al contexto en el que viven los sujetos y por lo menos para las comunidades vulnerables se presentan dificultades en sus procesos de aprendizaje, lo que indica que no hay un mejoramiento en la calidad educativa. También que, si no hay un cultivo por el interés en el aprender, en interrogarse por los fenómenos que ocurren en el planeta, en motivar la comprensión por el funcionamiento del mundo, si no hay interés por conocer, no hay relación conceptual o no se da la habilidad de pensar, ya que el objetivo de todo profesor es que el sujeto aprenda a aprender como algo esencial para la vida [15].

El Ministerio de Educación está trabajando el programa DUA, el cual es un diseño universal para el aprendizaje donde se identifica una red que utiliza el estudiante para aprender de forma autodidacta, la red afectiva es un poco más transversal, para re significar nuestra práctica pedagógica, los mecanismos que utilizamos de participación y comunicación, escenarios en lo que estamos, y tener en cuenta la cultura digital de la inteligencia colectiva, nos permite construir con una perspectiva de educación distinta, el objetivo es educar la mirada, las inteligencias múltiples, implica una apuesta distinta, mirar diversos lenguajes para construir y generar un concepto distinto de educación hoy, ese es el llamado al ejercicio de transitar a un foco de diseños educativos.

Hay que variar y programar la clase, saber que hay una perspectiva de estudiante que es activo y está en el proceso de formación orientada y hay una interacción contante de participación de los estudiantes, hay una valoración desde la perspectiva de la planeación, de la intención que se tiene de la clase, hay un ejercicio de cualificación, hay un proceso netamente de perspectiva humanista. Preparar de manera singular la clase orienta de manera innovadora. Zambrano arguye que, la práctica es el saber de la formación; el espejo de quien piensa la tierra firme del genuino profesor debe haber relación estrecha entre profesor - estudiante, en esas relaciones se puede identificar cual es la metodología, que lenguaje utilizar, que consigna se debe tener como alternativa, y hacer consciente como aprenden y a que estrategias recurrir para el proceso de aprendizaje, es una perspectiva de la práctica idear nuevas estrategias de pensamiento colectivo para mejorar las competencias de nuestros estudiantes [16].

Por ejemplo, Falconi y Zambrano [17] identifican que hay un saber disciplinar, otro curricular y otro experiencial, y desde allí hay que saber integrarlos, lo que pasa es que en general el profesor rural no ha podido vincular el saber profesional y los ejercicios pedagógicos con el acontecer vinculando el contexto tan precario de la ruralidad muy presente de los estudiantes, hay que tratar de integrar todos estos saberes para lograr un verdadero ejercicio pedagógico y crítico.

### **3.2 La postura ético-política en el esquema pedagógico**

Partiendo del esquema pedagógico, los desafíos de la educación en la construcción de nuevas subjetividades y temporalidades colectivas estará imbricado en asumir una postura ética, frente a los demás, pero sobre todo con los más vulnerables, es tomar una gran responsabilidad moral, política y ética con los sujetos escolares, es un desafío a formar sociedad y asumir en clave de ética, política y moral [18].

Otro de los desafíos es la formación artística e intelectual que los profesores deben impartir a los jóvenes, a partir de su creatividad, imaginativa, concentración y habilidad para enseñar e innovar los contenidos curriculares, sin duda apoyados en su calificación multicultural y pluriétnica, e interés por los problemas sociales y la perspectiva de avances teóricos, entendimiento y destreza en el manejo de herramientas de análisis sociales y culturales de la realidad colombiana contemporánea [19].

Es así que cuando formamos, la intencionalidad de la educación siempre será cambiante, es construarnos como sujetos éticos que aporten a la ciudadanía, que actué frente a la ética y la moral, es instituirnos como sujetos de mundo, es abrir el panorama no restringirnos a un corral a las paredes del aula, sino que el pensamiento debe ser abierto a todo el mundo. Es necesario desarrollar competencias, y para este caso la ciudadanía de mundo tiene base en el pensamiento crítico usando lo que está dispuesto en internet y en otros idiomas, para mejorar nuestro que hacer como profesores, es buscar bases de datos internacionales, entrar en las plataformas que se presentan como la punta del conocimiento. Lo digital posibilita que se encuentre como un laboratorio disponible para todos.

En la mayoría de centros de investigación han incrementado las presentaciones de *webinars*, que se asumen como conferencias de especialistas para que la gente se forme sobre los últimos desarrollos investigativos, de esta forma, estamos ante una gran comunidad de práctica, donde cada uno tiene algo que decir, o se cualifique o diga algo frente a lo que estamos viviendo, las instituciones están usando estas plataformas para comunicar, enmarcadas en charlas de expertos inclusivas con otras miradas para mostrar posibilidades de conocimiento. Igualmente hay una brecha en el idioma que se tendrá que superar con el tiempo. Pero muchos no tienen esa competencia, está muy marcado, hay posibilidad para desarrollarla, ya que la enseñanza se trasladó de la escuela a la casa, y a lo virtual, convirtiéndose el aprendizaje en una cuestión autodidacta. La crisis que actualmente vivimos con la pandemia por el Covid-19, nos invita a trabajar de diferentes formas y a desarrollar habilidades.

De esta forma, el rol del profesor, como profesor que orienta, es guía, mediador y ayuda a crecer, es el profesor que se está moviendo, abordando problemas y dimensiones actuales, filosóficas, políticas, pedagógicas, por eso es fundamental debatir las perspectivas de lo que está sucediendo en el contexto fuera del aula de modo que todos estamos aprendiendo de las experticias de otros.

En lo virtual se aprende a través de múltiples tiempos y lugares, como el aula expandida. En ese sentido, se considera que los entornos son lugares de encuentro para que los espacios de producción con los otros realmente se den y se trascienda a verlos como el nido en el que disponemos entornos de aprendizaje, para que pueda dar cuenta del desarrollo de la competencia, desde sus interés, particularidades, espacios y tiempos, pero para eso el profesor dispone de las condiciones. El rol del profesor es crear comunidades y velar por los principios de la educación, aprendemos trabajando juntos y más cuando abordamos problemas multidimensionales.

La formación humana para el caso de la mediación con entornos virtuales tiene que ver con entender que detrás de la pantalla hay un sujeto con pensamiento crítico, que se debe reconocer su autonomía e inteligencia y que puede aportar a través de su experiencia. Entonces la virtualidad, vista en las tecnologías se puede describir por su evaluación, comunicación tecnología, etc., pero interrogando cómo desde lo social me permite entenderla de otra forma, el conocimiento que le entrega un libro es susceptible que se aprehenda en la experiencia a que se de en cualquier momento en la vida, desde la iniciativa del estudiante, por eso se habla de educación abierta y a distancia, se estudia en cualquier momento y lugar. El profesor ayuda al estudiante a generar preguntas, a cuestionar el mundo, a enrutarse su aprendizaje y conocimiento para hacerlo útil en su vida cotidiana.

#### **4. DESAFÍOS DEL PROFESOR EN LA ACTUALIDAD**

En general, uno de los desafíos para el profesor es que se lo condiciona a que desarrolle una inmensa capacidad de adaptación a los diferentes modelos pedagógicos, estructuras organizativas, modelo educativo, sistemas de investigación, son muchos frentes que hay que atender. Hay que apoyar un pensamiento revolucionario para cambiar los niveles de dependencia que la escuela, el colegio, o la universidad tiene, esta



es una propuesta que ya venía adelantando los pensadores de la escuela nueva, porque es una forma de darle un lugar al pedagogo visto con la capacidad de transformar y ser liberador de quienes pasan por sus aulas.

La integralidad también es un desafío, ya que en la docencia debe existir una clara comprensión de lo que significa enseñar y aprender, con orientación metodológica soportada en las formas y el conocimiento en su campo de formación específica, que es la enseñabilidad en las ciencias, derivada de una profunda experiencia y relación epistemológica. Si se entiende el fundamento y rol del profesor del lado de la formación estamos diciendo que el mundo de la vida es construido de forma solidaria y cooperada, todo pasa por la construcción cooperativa de esa construcción social de la realidad, en tanto el significado subjetivo de la acción es objeto de conocimiento [20].

Por otro lado, la generación y construcción de esa realidad, en la construcción del mundo de la vida, es significativo ya que permite un aula pública, formada y construida desde este fundamento, lo que acontece en nuestras aulas, acontece en la cultura, en la política y en la sociedad [21]. Para construir la vida con otros, hay que poner la universidad como un aula viva, aula extendida y expansiva, esto nos da una especificidad a la pedagogía más humanista. Es poner el alma en la clase, es la vocación de ser profesores que tiene esa relación o vínculo con la formación. En la medida que sintamos que estamos al frente, al lado, o detrás con nuestra propia vida, hay una manera intensa de observar nuestra aula.

Hugo Zemelman [21] piensa al sujeto como potencia que trasciende el yo al vínculo con el otro, y se pregunta ¿cómo tratar con la tensión que nos provoca el otro con la suerte de negatividad? ¿Cómo lidiar con la deriva? La postura ética y política se vuelve fundamental y un desafío para el profesor, la ética es el vínculo esencial que hay que preponderar como un pacto pedagógico que hacemos con la institucionalidad educativa, todo nos limita y nos pone unos tiempos, pero ese acto de construir un pacto pedagógico en el aula, configurado y construido con todos, es el cumplimiento y reconocimiento con el otro y eso tendrá que expandirse a la vida diaria, cotidiana, social, cultural tanto de los profesores como de los estudiantes.

Otro asunto es entender que mi libertad comienza con el otro, es reconocer el error y la posibilidad de no saberlo todo, es que hay una aproximación al saber, y en eso hay un acto de flexibilidad, que permite lidiar con las interpelaciones del otro, hay que hacerlo consciente, los no acuerdos, las intemperistidades, que me permitirán aprender con el otro y hacer una ruta con los estudiantes es una forma de reconocermé a mí mismo y reconocer al otro distinto o diverso. Para Zemelman, existe una diferencia ontológica, es decir del ser, entre profesor y estudiante, esa diferencia en la educación tradicional se daba entre quien manda y quien obedece.

Sin embargo, a la actualidad, las epistemologías del sur que hablan de la diversidad y el enfoque diferencial, no puede ser confundida con decir que somos desiguales, o que somos peores o mejores, o que somos superiores o inferiores, tenemos que repensarnos en esa relación cuando somos estudiantes o profesores, cuestión que es clave para la relación y el vínculo que construimos con el otro, por ello hay que pensarlo para una pedagogía más expedita, más saludable, más dialógica con el otro. Entender la formación como medio de búsqueda de estrategia para la vida e interrogadora de lo incompleto, hace que nuestras dinámicas pedagógicas tengan un cambio real en los sujetos, sin una relación enfermiza de poder-dominación, y sin agregados religiosos o ideológicos dogmatizantes que opaquen el verdadero rol de la educación.

Para Augustowsky [22] hay un posicionamiento ético, que hay que asumir en lo propio y en lo nuestro, pero hay una incapacidad de reconocer el aprendizaje en el otro. No podemos saber en realidad hasta qué punto el otro aprendió, la virtualidad lo que está reflejando es que quizás o claramente estábamos equivocados en reflejar el control del cuerpo y aferrarnos a algo que nos hace pensar sobre el otro, hay que dar un espacio a ese bache de no reconocer cuanto aprendió el otro, hay que establecer un pacto de confianza en las virtualidades, aunque no pueda registrarla, los salones no son homogéneos, son multidisciplinares, y hay discursos de clases donde el poder está presente, no hay forma de entender en el otro si aprendió o no, por más que nos inventemos dispositivos, y aprendizajes del otro, son importantes, pero en el pacto ético y moral debe estar. Hay que empezar a perder vanidades

y controles sobre el otro, y resolver temas más significativos para mejorar los procesos de aprendizaje, hay conflictos y miedos, hay sentires de ser el protagonista de la clase, hay posición de carencias que se deben reconocer. Hay que crear espacios de confianza.

Otros aspectos importantes según Barbero es que, desde las neurociencias se han investigado como precisamente se sabe, si el otro ha aprendido o no lo que yo quiero que aprenda, basta con atender la afectación o irritación que se da por la palabra o por el silencio, o por el poder de la palabra, siempre habrá movilización en el aula. El fortalecimiento de los espacios pedagógicos se ha convertido en una práctica de reflexión continua de innovación y de recursos creativos de los profesores, en entornos con escasas herramientas de las cuales echar mano para hacer atractivo el interés por conocer de los sujetos escolares.

Es por ello, que el espacio educativo es una respuesta a necesidades marcadas en el contexto colombiano y en el que se toman como datos los porcentajes de desempleo y subempleo prolongado, que crean condiciones desfavorables para la protección de las necesidades mínimas de los escolares. Los márgenes de exclusión, marginación que parte de la pobreza estructural y los procesos profundos de segregación urbana en las localidades de emergencia, generados por las políticas económicas y sociales del sistema neoliberal plantean necesidades de los escolares que han tenido respuestas mínimas en la posibilidad de una vida plena en la educación [24].

## 5. CONCLUSIONES

El análisis realizado en este trabajo revela que las teorías como el constructivismo se pensaron en contextos europeos como en Suiza, pero en Colombia, con la enorme desigualdad social, estas teorías no han tenido los frutos esperados, debido a que ni las condiciones económicas, ni políticas, ni sociales, permiten un equilibrio.

Las condiciones y el contexto no son ni iguales, ni similares, cuando un modelo se adapta y contextualiza a una sociedad enormemente desigual y fragmentada, el modelo si o si debe cambiar en muchos aspectos, por tanto deja de ser modelo. Por eso las competencias que nos trajeron las voces expertas en los años noventa tuvieron que ser adaptadas, estructuradas y pensadas al contexto de ese momento y sin embargo fracasaron.

Por tal motivo se invita a crear algo más eficiente que responda a los escenarios y aulas propias del acontecer actual, se está construyendo y discutiendo en este momento cómo enseñar y qué contenidos dar desde las aulas virtuales o presenciales, para adaptarnos al mundo y a lo que nos exige, pero aún nos falta mucho camino por recorrer para buscar el cambio en conocimiento y estrategias pedagógicas de enseñanza que aporten al sujeto cognoscente.

Es fundamental estarnos repensando, mudar los hábitos escolares, adaptarnos permanentemente a los estudiantes que llegan, evaluar o examinar que producciones nuevas existen e incorporar los nuevos saberes, es pensarnos permanentemente y reactualizarnos.

## REFERENCIAS

- [1] Zabala F. (2021). Ambientes de aprendizaje en el siglo XXI. Universidad Eafit.
- [2] Flórez R. (2005). Pedagogía del Conocimiento. McGraw-Hill.
- [3] Grassi E. y Alayón N. (2005). Condiciones de empleo y pobreza en la Argentina. Las consecuencias de la política neoliberal de los años 90. Tercera Época X(26).
- [4] Danani C. (2008). América Latina luego del mito del progreso neoliberal: Las políticas sociales y el problema de la desigualdad. *Revista de Ciências Sociais* 44(1), 39-48.
- [5] Marradi A. et al. (2007). Metodología de las Ciencias Sociales. Emecé.
- [6] Castoriadis C. (2013). La institución imaginaria de la sociedad. Tusquets.
- [7] Popper R. (2010). La teoría del totalitarismo. Una conferencia sobre La sociedad abierta. Paidós.
- [8] Meirieu P. (1996). Le pédagogue et les défis de la modernité. Actes du Colloque d'Angers 9-11, sous la direction de Michel Soëtarde et Christina Jamet.
- [9] Cajiao F. (1996). La piel del alma. *Revista Cuerpo, Educación y Cultura*.
- [10] Chauviré C. y Fontaine O. (2003). Le vocabulaire de Bourdieu. Ellipses.
- [11] Illich I. (1974). La sociedad desescolarizada. Barral.
- [12] Giroux H. y McLaren P. (1998). Sociedad, cultura y educación. Miño y Dávila.
- [13] Delors J. (1996). Los cuatro pilares de la educación. Santillana.
- [14] De Zubiría J. (2014). La educación en Colombia aumenta las brechas sociales. Fundación Razón Pública.
- [15] Zambrano A. (2009). La pedagogía en Phillipe Meirieu: Tres momentos y educabilidad. *Educere* 13(44), 215-226.
- [16] Falconi O. (2016). Dispositivos, artefactos y herramientas para el trabajo de enseñar: El uso de carpetas, cuadernillos y afiches en el ciclo básico de la escuela secundaria. Disertación Doctoral. Flacso.
- [17] Muñoz M. et al. (2010). Reflexiones en torno a la educación en contextos de encierro y la aplicabilidad de los derechos humanos. Una construcción de todos. Avance de investigación. *Revista Cambios y permanencias* 1, 356-370.
- [18] García R. et al. (2020). La educación superior en Colombia: Retos y perspectivas en el siglo XXI. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- [19] Castoriadis C. (1986). Sujeto y verdad en el mundo histórico-social: Seminarios 1986-1987. La creación humana I. Fondo de Cultura Económica.
- [20] Kant I. (2006). Filosofía de la historia. Fondo de Cultura Económica.
- [21] Zemelman H. (1994). Racionalidad y Ciencias Sociales. *Revista Suplementos* 45.
- [22] Augustowksy G. (2005). Las paredes del aula. En espacio y enseñanza. Amorrourto.
- [23] Barbero J. (2007). La ciudad: Entre medios y miedos. En Rotker S. (ed.), *Ciudades escritas por la violencia* (pp. 23-45). Cuadernos de Literatura.

# El desarrollo de las habilidades motrices en edades tempranas: Una revisión sistemática

Alexandra María Silva Monsalve<sup>1</sup>

Marcos Alejo Sandoval Serrano<sup>2</sup>

Bryant David Bohórquez Caro<sup>3</sup>

*Universidad Santo Tomás, Colombia*

El propósito de esta investigación es indagar por la relación entre el desarrollo de habilidades motrices y el aprendizaje. Se abordó una revisión de trabajos académicos o investigativos que permitieran identificar estrategias o acciones que se incorporan en los currículos para el fortalecimiento del desarrollo motor. Los criterios de búsqueda tuvieron en cuenta la población en edades tempranas y el desarrollo de habilidades motrices finas y gruesas. Los resultados evidencian que existen iniciativas, sin embargo, hace falta acentuar este tipo de habilidades en los currículos o planes de estudio.

---

<sup>1</sup> Doctora en Educación. Contacto: [alexandrasilva@usta.edu.co](mailto:alexandrasilva@usta.edu.co)

<sup>2</sup> Licenciado en Educación Matemática y Magíster en TIC aplicada a la Educación. Contacto: [marcosandoval@usta.edu.co](mailto:marcosandoval@usta.edu.co)

<sup>3</sup> Licenciado y Magíster en Ingeniería electrónica. Contacto: [bryantbohorquez@usta.edu.co](mailto:bryantbohorquez@usta.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las habilidades motrices básicas integran los movimientos que ejecuta el cuerpo humano. Estas habilidades, son asimiladas durante las etapas iniciales de la infancia, y permiten desarrollar las necesidades para la autonomía física de cada individuo. El fortalecimiento de estas habilidades se consigue con el tiempo, se adquieren desde movimientos básicos hasta llegar a los más complejos, los cuales son la base para el aprendizaje de habilidades que son requeridas en procesos físicos como deportes o danzas. Estudios han demostrado que el no adecuado desarrollo de habilidades motrices en edades tempranas se relaciona con el déficit de atención o la dislexia [1]. En general, existen una clasificación de habilidades motrices básicas que se adquieren en las primeras edades como la locomotriz, no-locomotriz y la de manipulación. En la Figura 1 se presenta la clasificación de las habilidades motrices básicas.

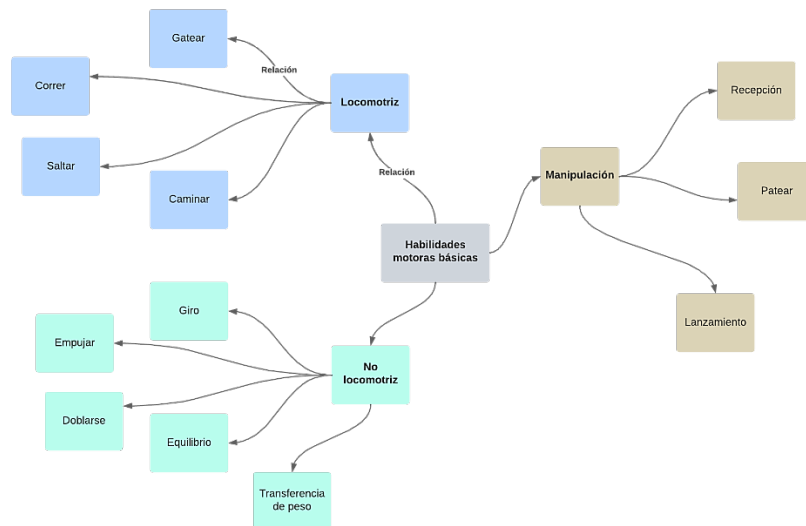


Figura 1. Clasificación de las habilidades motrices básicas

Las habilidades como gatear, caminar, correr y saltar se encuentran relacionadas y se van desarrollando en forma evolutiva, es decir el niño primero aprende a gatear, luego a caminar para pasar a correr y saltar. En la siguiente etapa con las habilidades de estabilidad y manipulación se consolidan habilidades más avanzadas. Las habilidades motoras finas son permitidas por medio de los músculos pequeños de manos y muñecas, estas requieren esfuerzos coordinados del cerebro y los músculos. Se desarrollan a partir de las habilidades motoras gruesas que permiten realizar movimientos más amplios como correr o saltar. Algunos ejemplos de las habilidades finas son el uso de un lápiz, la escritura, tijeras. También se necesitan habilidades motoras finas para tareas como vestirse o cepillarse.

De otro lado, las habilidades motoras gruesas implican los movimientos de los músculos grandes de los brazos, las piernas y el torso. Estos movimientos involucran todo el cuerpo y se utilizan para actividades físicas más amplias, implican la coordinación de los músculos con el sistema neurológico. Inciden en el equilibrio y la coordinación. También son la base de las habilidades motoras finas.

Las habilidades motrices permiten el desarrollo y evolución adecuada del cerebro. En los contextos de aprendizaje, el desarrollo motor permite controlar el cuerpo y estar atento para recibir y procesar información del contexto [2]. De acuerdo con lo anterior, el desarrollo de habilidades motoras es necesario en las edades tempranas para beneficiar el aprendizaje.

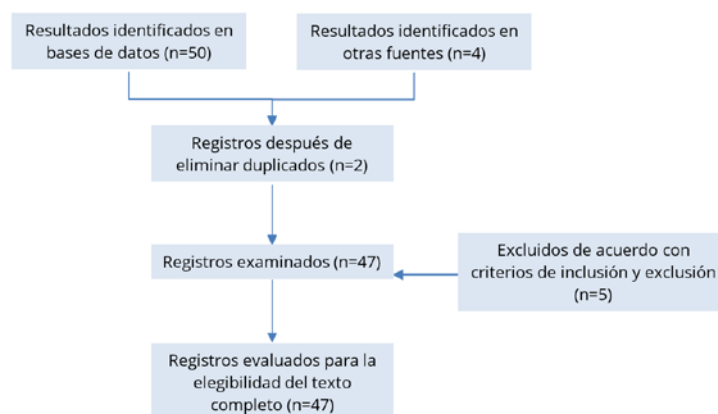
En este sentido, se requiere que en los planes de estudio se incorporen estrategias y actividades que permitan el desarrollo de las habilidades motoras en edades tempranas para la consolidación del aprendizaje.

Para avanzar en estas iniciativas, inicialmente se propone la revisión de trabajos que incorporen el fortalecimiento de las habilidades motoras en los planes de estudio en edades tempranas, con el fin de consolidar una propuesta que se pueda incorporar en las etapas iniciales de formación.

## 2. MÉTODO

Las revisiones sistemáticas son un diseño de investigación observacional y retrospectivo que sintetiza los resultados de múltiples investigaciones primarias [3]. Se propone para este trabajo una revisión sistemática de literatura como metodología para responder a las siguientes preguntas: ¿se incorporan actividades o estrategias en los currículos o planes de estudio en etapas iniciales de la formación? ¿Qué tipo de estrategias se utilizan para el fortalecimiento de habilidades motoras?

Se realizó una revisión sistemática teniendo en cuenta los siguientes criterios de búsqueda: habilidades motoras, planes de estudio o currículo, edades tempranas en rangos de 3 a 9 años. De igual manera, se seleccionaron los trabajos de los últimos cinco años, correspondientes a artículos, capítulos de libros, libros, tesis de pregrado o posgrado, así como algunos referentes correspondientes a webgrafía relacionada con la temática. En la Figura 2 se presenta el esquema de los criterios que se tuvieron en cuenta para la revisión de la literatura según la pregunta problema.



**Figura 2.** Diagrama de flujo PRISMA para la revisión sistemática de la literatura e inclusión de los artículos

Teniendo en cuenta los anteriores criterios, se seleccionaron 47 artículos para análisis final, de los cuales 50 correspondían a artículos, capítulos de libros y trabajos de grado a nivel de pregrado o maestría, las 4 fuentes adicionales corresponden a webgrafía relacionada con la temática. que permitieron orientar la respuesta a las preguntas formuladas para esta investigación.

Se eliminaron dos artículos que fueron encontrados en diferentes bases de datos, pero que correspondían al mismo artículo, no se tuvieron en cuenta 5 artículos por qué no correspondían a las categorías, se orientaron a población con una necesidad cognitiva especial, lo cual no corresponde a este estudio o investigación.

Después de la revisión de acuerdo con los criterios se llegó a un número de 47 artículos. Las bases de datos de consulta en las cuales se identificaron los trabajos con las categorías de búsqueda fueron Scopus 4, ScieDirect 10, Dialnet 3, Scielo 1, Scholar 23, Webgrafía 4, Redalyc 3. Las fuentes en otros idiomas son: inglés 14, portugués 1 y español 22.

## 3. RESULTADOS

Los resultados se presentan en tres fases: 1) mediante una matriz, que describe los trabajos seleccionados, 2) un análisis bibliométrico, y 3) se da respuesta a las preguntas orientadoras formuladas para la revisión de la literatura.

### 3.1 Revisión de la literatura

De acuerdo con los resultados obtenidos, se identificaron 47 estudios que reúnen los criterios de búsqueda. En la Tabla 1 se presenta los trabajos seleccionados para dar respuesta a las preguntas que orientaron la presente revisión sistemática.

**Tabla 1.** Trabajos seleccionados para el análisis

Patajalo A. et al. (2020). La danza en el desarrollo de las habilidades motrices básica en edades escolares. Polo de conocimiento 12-28. [4]
Alamo R. (2019). Análisis de la psicomotricidad en el currículo de la educación infantil. Universidad de Valladolid. [5]
Mora D. (2022). La práctica deportiva infantil y el desarrollo de habilidades motrices en el nivel inicial. Universidad Técnica de Ambato. [6]
Monserrate A. et al. (2020). La estimulación y el desarrollo motor fino en niños de 5 años. Revista Conrado 306-311. [7]
Moscoso S. et al. (2021). Aspectos metodológicos de la danza en el desarrollo de destrezas normadas en el currículo ecuatoriano. Ciencia Matria 818-840. [8]
Dos Santos L. y González M. (2020) Desarrollo de las habilidades motoras fundamentales en función del sexo y del índice de masa corporal en escolares. Cuadernos de Psicología del Deporte 63-71. [9]
Pérez H.(2022). Actividades recreativas para el desarrollo de habilidades motrices básicas en los niños de 4 a 5 años del nivel de educación inicial de la Unidad Educativa "Daniel Reyes". Universidad Técnica del Norte. [10]
Peña D. et al. (2023). Habilidades motrices básicas en escolares de una institución educativa de Medellín-Colombia. VIREF Revista de Educación Física 114-132. [11]
Vanegas J. y Aldas H. (2021). Estrategias Innovadoras para el Desarrollo Motriz en la Educación Física. Bloque Curricular Prácticas Gimnásticas. Koinonia 623-648. [12]
Aillon H. (2022) . Los juegos de cooperación en las habilidades motrices básicas en escolares de Educación Inicial. Universidad Técnica de Ambato. [13]
Martínez L. (2022).Propuesta de transformación de patio que potencie las habilidades motrices: Un estudio de caso. Universidad de Palencia. [14]
Arevalo M. y Bayas J (2021) . Métodos de desarrollo de habilidades motrices en la educación inicial en diferentes contextos educativos. Koinonía 4-24. [15]
Torres M. (2022). Estrategias lúdicas y las habilidades motrices básicas en niños de 4 a 5 años del subnivel 2 de la escuela de educación básica Carmen Montenegro Obregón. Universidad Estatal de Santa Elena. [16]
García P.(2021).Guía didáctica para fortalecer las habilidades motrices básicas en la población con síndrome <i>down</i> .Universidad Católica de Oriente. [17]
Sequeda L. (2020). Estimular desde el juego el desarrollo de habilidades motrices gruesas y finas en los niños y niñas de 2 a 3 años de la modalidad familiar del ICBF, Piedecuesta. Universidad Santo Tomás. [18]
Bernate J. et al. (2022). Revisión sistemática de las estrategias didácticas en la Educación Física para el desarrollo de habilidades motrices. Ciencia y Deporte. [19]
Vargas G. et al. (2016). Análisis y comparación curricular de las estrategias o programas para el desarrollo infantil temprano en México. Boletín Médico del Hospital Infantil de México. [20]
Moeskops S.(2022). Practical Strategies for integrating strength and conditioning into early specialization sports. Strength and Conditioning Journal 34-45. [21]
Borrego F. et al (2021). Influence of the psychomotor profile in the improvement of learning in early childhood education. International Journal of Environmental Research and Public Health. [22]
Dan J. et al (2020). Association between fundamental motor skills and physical activity in the early years: A systematic review and meta-analysis. Journal of Sport and Health Science 9(6), 542-552. [23]
Lirola M. J. et al. (2020). Intervention program in childhood education for physical fitness work. Publicaciones de la Facultad de Educacion y Humanidades del Campus de Melilla 385-394. [24]
Jones D. et al. (2020). Association between fundamental motor skills and physical activity in the early years: A systematic review and meta-analysis. Journal of Sport and Health Science 9(6), 542-552. [25]
Lima R. (2017). Tracking of gross motor coordination from childhood into adolescence. Res. Quart. for Exe. and Sport, 52-59. [26]
Fischer P. et al (2026). Fine motor skills and finger gnosis contribute to preschool children's numerical competencies 2-10. [27]
Jeyanthi S. etal. (2021). Effectiveness of structured exercises on motor skills, physical fitness and attention in children with ADHD compared to typically developing children-A pilot study. NeurologicalSci 2-5. [28]
Hoo L. et al. (2023). The effect of a virtual reality exergame on motor skills and physical activity levels of children with a developmental disability. Research in Developmental Disabilities. [29]
Malon S. et al. (2022). Domain-specific skills, but not fine-motor or executive function, predict later arithmetic and reading in children. Learning and Individual Differences 2-15. [30]
Jylanki P. y Mbay T. (2022)The effects of motor skill and physical activity interventions on preschoolers' cognitive and academic skills: A systematic review. Preventive Medicine 2-10. [31]
Madison C. et al. (2021). Self-regulation moderates the relationship between fine motor skills and writing in early childhood. Early Childhood Research Quarterly 57(1). [32]
Adi-Japha E. y Brestel G. (2020). Motor skill learning with impaired transfer by children with developmental coordination disorder. Research in Developmental Disabilities. [33]
Muñoz L. (2022). Evaluación de las habilidades motoras y crecimiento físico de los niños de un jardín infantil. Educación Física y Deporte 13(1), 35-51. [34]
Castillejo R. et al.(2023). Niveles de desarrollo de la expresión corporal y motricidad, en la Educación Inicial modalidad virtual. PODIUM: Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física 18(1). [35]
Martínez V. y Bernabé M. (2019). Experiencia universitaria innovadora sobre didáctica de la motricidad infantil. Educare 23(3), 1-26. [36]
Cóndor M.(2021). Desarrollo de la motricidad una aplicación del modelo de aprendizaje microcurricular activo. PODIUM 16(3), 934-946. [37]

Hernández V. et al. (2023). Unidad didáctica para la asignatura de educación física: Quidditch - deporte alternativo inclusivo. *EmásF: Revista digital de educación física* 81(1), 10-31. [38]

Gavilanes M. et al. (2023). Importancia de la Educación Física para potenciar la motricidad gruesa en Educación Inicial. *Lecturas: Educación física y deportes* 28(1), 300. [39]

Basabe M. et al. (2022). Folleto de juegos predeportivos correctivos compensatorios para educandos con discapacidad intelectual. *PODIUM: Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física* 17(3), 1006-1017. [40]

Fernández B. y Soto J. (2021). Habilidades motoras en preescolares chilenos. *Pensar en Movimiento* 20(1). [41]

Ramírez G. et al (2017). Coordinación grafoperceptiva: incidencia en el desarrollo de la motricidad fina en niños de 5 a 6 años de edad. *Revista Ciencia Unemi* 22(10), 40-47. [42]

Pollitt E. (2012). Estabilidad y variabilidad en la adquisición de seis hitos motores durante la infancia temprana. *Revista de Psicología* 30(2), 407-429. [43]

López L. y Blas J. (2021). Metodología para evaluar las habilidades motrices básicas en estudiantes de la educación básica primaria. *Mendive. Revista de Educación.* [44]

Otalvaro H. y Ríos A. (2019). Guía didáctica: Las habilidades motrices básicas de locomoción para niños del grado preescolar, Universidad Cooperativa de Colombia. [45]

Morin A. (2001). Understood. Recuperado: <https://www.understood.org/es-mx/articles/coordination-and-motor-skills-what-to-expect-at-different-ages>. [46]

Telehinchable. (2016) . Cómo desarrollar las habilidades motrices según la edad. Recuperado: <https://www.telehinchable.com/habilidades-motrices-segun-la-edad/>. [47]

Barreto J. et al. (2016). Efdportes.com. Recuperado: <https://efdeportes.com/efd218/desarrollo-de-las-habilidades-motrices-basicas-en-1-5.htm>. [48]

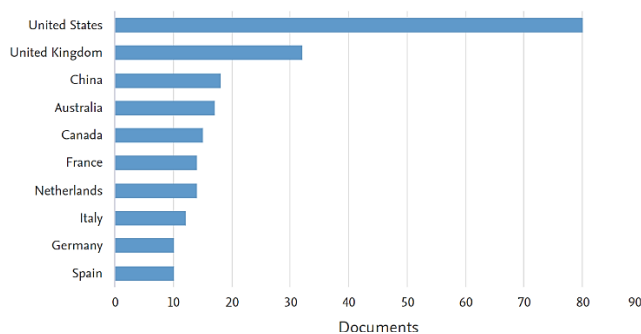
Juego y Deporte. (2014). Habilidades motrices básicas. Recuperado : <https://www.juegoydeporte.com/educacion-fisica/habilidades-motrices-basicas/>. [49]

De acuerdo con los resultados anteriores, se pueden evidenciar varios aspectos relacionados con las categorías de habilidades motoras y su incorporación a los currículos o los planes de estudio. Se puede identificar que especialmente se ha implementado el desarrollo de habilidades motoras en los planes de estudio del área de educación física. De manera transversal, no se identifica, no se encuentran planes de estudio o currículos que se creen de manera holística, la mayoría obedecen a planes de estudio secuenciales.

De otro lado, se identifica en el juego y en la lúdica como unas de las principales estrategias didácticas que se incorporan por parte de los profesores para el fortalecimiento de las habilidades motrices, que en general el desarrollo de este tipo de habilidades se aplica en edades tempranas [50-52]. Se han trabajado integralmente las habilidades motoras básicas, no se encuentran discriminadas por habilidades motoras finas o gruesas. De acuerdo, con lo anterior, se puede evidenciar algunos hallazgos de su implementación, pero se requiere una propuesta más amplia y transversalidad en los planes de estudio.

### 3.2 Análisis bibliométrico

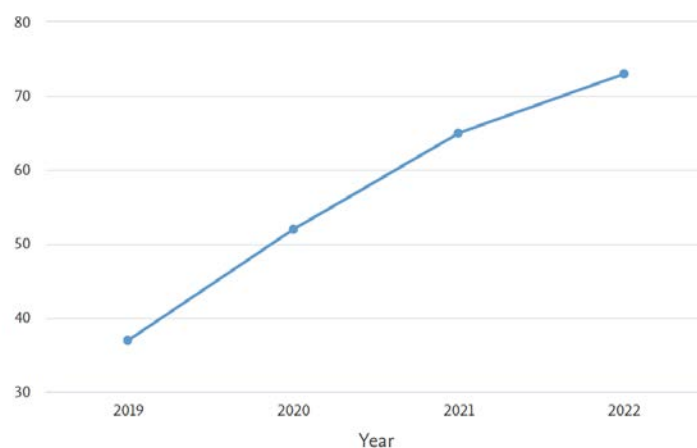
De igual manera, se realizó una indagación de los países que más han adelantado trabajos de incorporación en los currículos del fortalecimiento de habilidades motoras. En la Figura 3 se puede identificar que la tarea se ha venido adelantando en Europa y Norteamérica, las investigaciones en América Latina aún son incipientes para esta área.



**Figura 3.** Países que han adelantado trabajos de habilidades motoras y su incorporación al currículo en edades tempranas

De otro lado, se puede evidenciar que, en la temática de fortalecimiento de habilidades motoras en edades tempranas, las investigaciones han venido evolucionando de manera exponencial (Figura 4).





**Figura 4.** Trabajos relacionados con habilidades motoras y planes de estudio

Lo anterior da cuenta de que los modelos de educación han venido evolucionando para consolidar modelos holísticos que permitan formar de manera integral a los niños.

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con las preguntas orientadoras para el presente trabajo, se menciona que frente a: ¿se incorporan actividades o estrategias en los currículos o planes de estudio en etapas iniciales de la formación? de acuerdo con las fuentes indagadas mediante la revisión sistemática, se puede evidenciar que estas se incorporan especialmente en los planes de educación física, pero no de manera transversal, es decir mediante actividades que en las edades tempranas en cada uno de los cursos permitan fortalecer este tipo de habilidades [53-55], especialmente las que se encuentran relacionadas con la habilidades motoras finas, que podrían hacer parte de diversas actividades en las demás asignaturas.

De otro lado, frente a la pregunta: ¿qué tipo de estrategias se utilizan para el fortalecimiento de habilidades motoras? se presenta, especialmente en el juego o las actividades lúdicas, uno de los mayores aportes para el fortalecimiento de habilidades motoras básicas, entre estas se tienen:

- La lúdica es una forma de expresar alegría y diversas emociones mediante juegos, entretenimiento entre otros siendo las fuentes de alteraciones de lo que sería reír, gozar, gritar, se recomienda realizar al aire libre.
- Diversas estrategias didácticas que permitan una interacción entre la teoría y la práctica.
- El juego es una acción u ocupación libre, juego nos lleva a unas sensaciones de sentimientos en las cuales se encuentra alegría, emoción, tensión, seriedad entre otros; permite el desarrollo de la creatividad, el juego tiene un tiempo un espacio determinado. Entre los juegos se destacan los tradicionales, cooperativos, pre-deportivos.

#### 5. CONCLUSIONES

Dada la importancia que tienen las habilidades motoras y su incidencia sobre el desarrollo del cerebro, es importante que las instituciones educativas pueden proponer planes de estudio o currículos que permitan incorporar desde las etapas tempranas la incorporación de acciones o estrategias que fortalezcan tanto las habilidades motoras finas y gruesas. Los estudios que se revisaron permitieron identificar que esto se viene trabajando, pero solo en los cursos de educación física, y se pudiera coadyuvar con actividades que puedan ser transversales en otros cursos.

En sentido, articulado con lo que propone la Unesco en modelos integrales de educación que permitan formar ciudadanos para el siglo XXI, es importante que se desarrollen estas capacidades, desde edades tempranas, atendiendo que el cerebro en su formación inicial está más dispuesto para la adquisición de

múltiples conocimientos, es por ello que este trabajo de investigación, se orientó en identificar una línea base que permitiera un primer paso hacia la formulación de currículos holísticos que propendan pro el fortalecimiento de las habilidades básicas de los niños en edades tempranas.

### **Limitaciones de la investigación**

- Los estudios revisados en su metodología se orientan en general hacia las habilidades motoras básicas, no se encuentran diferenciados en habilidades motoras gruesas y finas.
- Sería necesario un estudio que diferencie la relación de la edad y la habilidad motora.
- Que los estudios sean incorporados por profesores no solo del área de educación física.

## REFERENCIAS

- [1] Herrera J. et al (2007). Fundamentos neuropsicológicos de la dislexia evolutiva. *Psicología desde el Caribe*, 223-268.
- [2] Neuro Class (2015). Influencia del desarrollo motor en el aprendizaje. Recuperado: <https://neuro-class.com/influencia-del-desarrollo-motor-en-el-aprendizaje/>
- [3] Beltrán O. (2005). Revisiones sistemáticas de la literatura. *Revista colombiana de Gastroenterología*, 60-69.
- [4] Patajalo A. et al. (2020). La danza en el desarrollo de las habilidades motrices básica en edades escolares. *Polo de conocimiento*, 12-28.
- [5] Alamo R. (2019). Análisis de la psicomotricidad en el currículo de la educación infantil. Universidad de Valladolid.
- [6] Mora D. (2022). La práctica deportiva infantil y el desarrollo de habilidades motrices en el nivel inicial. Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias Humanas.
- [7] Monserrate A. et al. (2020). La estimulación y el desarrollo motor fino en niños de 5 años. *Revista Conrado*, 306-311.
- [8] Moscoso S. et al. (2021). Aspectos metodológicos de la danza en el desarrollo de destrezas normadas en el currículo ecuatoriano. *Ciencia Matria*, 818-840.
- [9] Dos Santos L. y González M. (2020) Desarrollo de las habilidades motoras fundamentales en función del sexo y del índice de masa corporal en escolares. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 63-71.
- [10] Pérez H. 2022. Actividades recreativas para el desarrollo de habilidades motrices básicas en los niños de 4 a 5 años del nivel de educación inicial de la Unidad Educativa "Daniel Reyes". Universidad técnica del Norte.
- [11] Peña D. et al. (2023). Habilidades motrices básicas en escolares de una institución educativa de Medellín-Colombia. *VIREF Revista De Educación Física*, 114-132.
- [12] Vanegas J. y Aldas H. (2021). Estrategias innovadoras para el desarrollo motriz en la educación física. *Bloque Curricular Prácticas Gimnásticas. Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 623-648.
- [13] Aillon H. (2022) . Los juegos de cooperación en las habilidades motrices básicas en escolares de Educación Inicial. Universidad Técnica de Ambato.
- [14] Martínez L. (2022). Propuesta de transformación de patio que potencie las habilidades motrices: Un estudio de caso. Facultad de Educación. Universidad de Palencia.
- [15] Arevalo M. y Bayas J (2021) . Métodos de desarrollo de habilidades motrices en la educación inicial en diferentes contextos educativos. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4-24.
- [16] Torrres M. (2022). Estrategias lúdicas y las habilidades motrices básicas en niños de 4 a 5 años del subnivel 2 de la escuela de educación básica Carmen Montenegro Obregón. Universidad Estatal de Santa Elena.
- [17] García P. (2021). Guía didáctica para fortalecer las habilidades motrices básicas en la población con síndrome down. Universidad Católica de Oriente.
- [18] Sequeda L. (2020). Estimular desde el juego el desarrollo de habilidades motrices gruesas y finas en los niños y niñas de 2 a 3 años de la modalidad familiar del ICBF, Piedecuesta. Universidad Santo Tomás.
- [19] Bernate J. et al. (2022). Revisión sistemática de las estrategias didácticas en la Educación Física para el desarrollo de habilidades motrices. *Ciencia y Deporte*.
- [20] Vargas G. et al. (2016). Análisis y comparación curricular de las estrategias o programas para el desarrollo infantil temprano en México. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*.
- [21] Moeskops S. (2022). Practical strategies for integrating strength and conditioning into early specialization sports. *Strength and Conditioning Journal*, 34-45.
- [22] Borrego F. et al. (2021). Influence of the psychomotor profile in the improvement of learning in early childhood education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- [23] Dan J. et al (2020). Association between fundamental motor skills and physical activity in the early years: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science* 9(6), 542-552.
- [24] Lirola M. et al. (2020). Intervention program in childhood education for physical fitness work. *Publicaciones de la Facultad de Educacion y Humanidades del Campus de Melilla*, 385-394.
- [25] Jones D. et al. (2020). Association between fundamental motor skills and physical activity in the early years: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science* 9(6), 542-552.
- [26] Lima R. (2017). Tracking of gross motor coordination from childhood into adolescence. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 52-59.
- [27] Fischer P. et al. (2026). Fine motor skills and finger gnosis contribute to preschool children's numerical competencies, 2-10.
- [28] Jeyanthi S. et al. (2021). Effectiveness of structured exercises on motor skills, physical fitness and attention in children with ADHD compared to typically developing children-A pilot study. *NeurologicalSci*, 2-5.
- [29] Hoo L. et al. (2023). The effect of a virtual reality exergame on motor skills and physical activity levels of children with a developmental disability. *Research in Developmental Disabilities*.
- [30] Malon S. et al. (2022). Domain-specific skills, but not fine-motor or executive function, predict later arithmetic and reading in children. *Learning and Individual Differences*, 2-15.

- [31] Jylanki P. y Mbay T. (2022) The effects of motor skill and physical activity interventions on preschoolers' cognitive and academic skills: A systematic review. *Preventive Medicine*, 2-10.
- [32] Madison C. et al. (2021) Self-regulation moderates the relationship between fine motor skills and writing in early childhood. *Early Childhood Research Quarterly*, 57(1).
- [33] Adi-Japha E. y Brestel G. (2020). Motor skill learning with impaired transfer by children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*.
- [34] Muñoz L. (2022). Evaluación de las habilidades motoras y crecimiento físico de los niños de un jardín infantil. *Educación Física y Deporte*, 13(1), 35-51.
- [35] Castillejo R. et al. (2023). Niveles de desarrollo de la expresión corporal y motricidad, en la Educación Inicial modalidad virtual. *PODIUM: Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 18(1).
- [36] Martínez V. et al. (2019). Experiencia universitaria innovadora sobre didáctica de la motricidad infantil. *Educare* 23(3), 1-26.
- [37] Córdor M. (2021). Desarrollo de la motricidad una aplicación del modelo de aprendizaje microcurricular activo. *PODIUM* 16(3), 934-946.
- [38] Lima R. et al. (2021). Promoção do desenvolvimento infantil na escola através de atividades motoras recreativas. *Panorama* 13, 9-21.
- [39] Hernández V. et al. (2023). Unidad didáctica para la asignatura de educación física: Quidditch - deporte alternativo inclusivo. *EmásF: revista digital de educación física* 81(1), 10-31.
- [40] Gavilanes M. et al. (2023). Importancia de la Educación Física para potenciar la motricidad gruesa en Educación Inicial. *Lecturas: Educación física y deportes* 28(1), 300.
- [41] Basabe M. et al. (2022). Folleto de juegos predeportivos correctivos compensatorios para educandos con discapacidad intelectual. *PODIUM: Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física* 17(3), 1006-1017.
- [42] Fernández B. y Soto J. (2021). Habilidades motoras en preescolares chilenos. *Pensar en Movimiento*, 20(1).
- [43] Pollitt E. (2012). Estabilidad y variabilidad en la adquisición de seis hitos motores durante la infancia temprana. *Revista de Psicología*, 30 (2), 407-429.
- [44] López L. y Blas J. (2021). Metodología para evaluar las habilidades motrices básicas en estudiantes de la educación básica primaria. *Revista de Educación*.
- [45] Otalvaro H. et al. (2019). Guía didáctica: Las habilidades motrices básicas de locomoción para niños del grado preescolar. Universidad Cooperativa de Colombia.
- [46] Morin A. (2001). Understood. Recuperado: <https://www.understood.org/es-mx/articles/coordination-and-motor-skills-what-to-expect-at-different-ages>
- [47] Telehinchable (2016). Cómo desarrollar las habilidades motrices según la edad. Recuperado: <https://www.telehinchable.com/habilidades-motrices-segun-la-edad/>
- [48] Barreto J. (2016). Efdportes.com. Recuperado: <https://efdportes.com/efd218/desarrollo-de-las-habilidades-motrices-basicas-en-1-5.htm>
- [49] Juego y Deporte. (2014)- Habilidades motrices básicas. Recuperado: <https://www.juegoydeporte.com/educacion-fisica/habilidades-motrices-basicas/>
- [50] Silva A. y Herrera J. (2022). Implementation of the arduino platform as a didactic tool for the teaching and learning of volleyball. *Handbook of Research on Using Motor Games in Teaching and Learning Strategy*. IG Global.
- [51] Silva A. (2022). Propuesta neurocurricular para la enseñanza de las matemáticas en programas de ingeniería. *Educación superior: sustentabilidad y prácticas innovadoras*. Editorial Politécnico Internacional.
- [52] Silva A. et al. (2019). Del cerebro al aula: Conceptos claves desde la Neurociencia y su aporte en la educación. En Serna A. (ed.), *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI* (pp. 302-310). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- [53] Cabero J. et al. (2023). Modelos híbridos en metodologías de educación a distancia y virtual: Hacia unas didácticas digitales y emergentes. Ediciones USTA.
- [54] Silva A. y Bohórquez G. (2022). Diseño y validación del software para el fortalecimiento del pensamiento lógico matemático (logical brain). *Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad* 11(1), 1-12.
- [55] Silva A. (2022) Las habilidades de investigación en estudiantes de educación superior: Un caso de estudio. En Serna E. (ed.), *Revolución Educativa en la Nueva Era Vol. I* (pp. 64-70). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

# Análisis del acompañamiento docente en el centro de práctica clínica inicial de fisioterapia en una clínica del norte de Bogotá, Colombia

Ingrid Johanna Romero Montilla<sup>1</sup>

Francisco Javier Cartes Arenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Manuela Beltrán, Colombia*

<sup>2</sup> *Universidad Arturo Prat, Chile*

El objetivo de este estudio es analizar el proceso de acompañamiento académico que se lleva a cabo con los estudiantes de práctica clínica inicial de fisioterapia, en una clínica al norte de Bogotá, Colombia. Entendiendo desde ese análisis la efectividad y el efecto del acompañamiento realizado al momento de poner en práctica los conocimientos adquiridos, por el desarrollo de habilidades y destrezas de los estudiantes en el sitio de práctica y el acompañamiento que realizan los profesores, para apoyar el desarrollo de las competencias que requiere la formación profesional, orientado en los enfoques del saber en la enseñanza. Asimismo, se presenta una propuesta que integra los procesos de enseñanza-aprendizaje enfocada en las competencias que contribuyan de manera efectiva a solucionar los problemas socio-culturales que actualmente demanda la profesión.

---

<sup>1</sup> Magíster en Educación Superior. Contacto: [silvejone@hotmail.com](mailto:silvejone@hotmail.com)

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

En el transcurso del acompañamiento a los estudiantes de octavo semestre de fisioterapia en una clínica del norte de Bogotá se ha evidenciado la carencia de acompañamiento profesor, por medio de observación en la práctica. Dicha observación ha permitido evidenciar las falencias y el inconformismo por parte de los estudiantes de primera práctica clínica de fisioterapia, la cual se desarrolla en octavo semestre. Dichas inconformidades se evidencian al momento de realizar la evaluación de los procesos de enseñanza-aprendizaje en práctica clínica.

Por consiguiente, se ha evidenciado que las exigencias requeridas por los profesores de la Universidad son diferentes a las que se viven en la experiencia real al interior de la clínica que es acompañada y guiada por los profesionales de la misma carrera al interior de la clínica del norte de Bogotá. Esta desconexión entre la exigencia académica de la práctica y la experiencia real de la misma, tienen como resultado la alteración en la eficiencia y eficacia en la educación de los conocimientos teóricos a lo práctico.

Lo anterior lleva a entender y evaluar el proceso teórico práctico entre la academia y la experiencia, de tal manera que podamos replantear cuál es la mejor metodología para aprender, aplicar, evaluar y controlar el proceso de acompañamiento de los estudiantes de práctica de fisioterapia de octavo semestre. El entendimiento en profundidad de este proceso lleva a buscar y diseñar mejoras, que permitan evaluar la comunicación y relación al momento de la transmisión del conocimiento, a nivel interpersonal y grupal de los que intervienen en el proceso de práctica.

Al profundizar en el proceso también se hace necesario analizar el método, las técnicas, las herramientas y las estrategias empleadas para realizar una comunicación efectiva entre los estudiantes, profesores y profesionales de fisioterapia del sitio de práctica. Por lo que la pregunta de investigación de este estudio es: ¿Cuáles son las problemáticas que evidencian los profesores y estudiantes sobre el acompañamiento profesor actual a los estudiantes en el centro de práctica clínica inicial de fisioterapia en una clínica del norte de Bogotá? Para responderla se plantean los siguientes objetivos:

*General:* Analizar los factores involucrados en el proceso de acompañamiento profesor de los estudiantes de fisioterapia en el centro de práctica clínica inicial en una clínica al norte de Bogotá.

*Específicos:*

- Identificar si los contenidos teóricos son afines y suficientes para afrontar el proceso inicial de práctica clínica.
- Conocer las problemáticas que afectan el desarrollo de la práctica clínica inicial en el centro de práctica.
- Determinar si el acompañamiento profesor es suficiente para cumplir con las tareas que demanda la práctica clínica inicial en el centro de práctica clínica.

*Hipótesis:*

- El acompañamiento actual profesor a los estudiantes de octavo semestre de fisioterapia de práctica clínica en una clínica al norte de Bogotá impacta directamente sobre las calificaciones de los estudiantes.
- Los estudiantes opinan que es suficiente el acompañamiento profesor realizado durante la primera práctica clínica de fisioterapia en una clínica al norte de Bogotá.
- Los Profesores opinan que es suficiente el acompañamiento profesor realizado a los estudiantes durante la primera práctica clínica de fisioterapia en una clínica al norte de Bogotá.
- El tiempo de inserción en el sitio de práctica es adecuado para cumplir con las demandas requeridas para la práctica.
- Aplicar las oportunidades de mejora identificadas en esta investigación, permitirá aumentar el nivel de efectividad en los resultados de la práctica de los estudiantes que entren en este proceso.

En este estudio se evaluará la metodología profesor en el proceso actual y su efectividad, así como los posibles modificaciones de método sugeridos, aplicando una investigación por medio de entrevista a un

grupo de estudiantes que desarrolla su primera práctica clínica en octavo semestre de fisioterapia, también a un profesor de la universidad de educación superior que realiza acompañamiento en dicho sitio de práctica y a un profesor profesional del sitio de práctica, acompañando el proceso de investigación con observación y análisis de entrevistas. Al finalizar la aplicación de la metodología de investigación, se conocerá y extraerá información que permita entender la efectividad que existe entre el acompañamiento profesor y el desarrollo de la práctica clínica. Determinando los mejores métodos que permitan obtener un resultado valioso para el adecuado acompañamiento profesor.

La efectividad del proceso se define como la correcta aplicación de las metodologías y herramientas donde todos los involucrados aporten de manera constructiva al enriquecimiento del conocimiento y la aplicación de este en la práctica, toda vez que son variables dependientes y complementarias y su aplicación correcta conducirá a que el proceso de práctica culmine de manera satisfactoria en todos los que intervienen.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

En Colombia, la educación superior es uno de los derechos fundamentales para sus ciudadanos con el fin de garantizar acceso y cobertura para los estudiantes que deseen hacer carrera profesional, o técnica, o a su vez los profesionales que quieran continuar con títulos más especializados, siempre encaminados a altos estándares de calidad en la educación así dando respuestas a las necesidades que como población se requieren en cada uno de los desarrollos social, económico, cultural y global permitiendo una mayor inclusión social no solo a nivel nacional sino mundial. Después de tanto, como lo menciona [1]:

*La educación superior en Colombia es reglamentada por la Ley 30 de 1992, y precisiones adicionales a la ley especial en la Ley 115 de 1994, que establecen que la Educación Superior debe ser servicio público cultural, inherente a la finalidad social del Estado. Es impartida en instituciones de Educación Superior clasificadas por la ley en Instituciones Técnicas Profesionales, Instituciones Universitarias o Escuelas Tecnológicas y Universidades.*

Con lo anterior se hace necesario la vigilancia y seguimiento a dichas entidades de educación superior, ya que uno de sus objetivos es buscar brindar mayor acceso a las universidades e institutos no siendo solo primordial hacer dicho acompañamiento a los estudiantes de pregrado sino también a los de posgrado diseñando así estrategias que permitan proporcionar mayor apoyo a los educandos y educados. El Ministerio de educación en Colombia se divide en varios niveles distribuidos entre pregrado y postgrado, reglamentada de forma particular por la ley [2]. Teniendo como objetivos:

- Diseñar e implementar un sistema de Educación Terciaria con Mayor Acceso, Calidad y Pertinencia.
- Fortalecer la financiación de la oferta de educación superior.
- Fortalecer la financiación de la demanda en un contexto de alta calidad y equidad.
- Consolidar la Excelencia en el Sistema de Educación Superior.
- Diseñar e implementar el plan maestro de ampliación de cobertura con calidad, en particular en las zonas más apartadas del país.
- Formar profesores en niveles avanzados.
- Incrementar la eficiencia del Sistema de Aseguramiento de la Calidad.

En este aspecto, el Plan Nacional de Desarrollo establece que a 2018 el 20% de la matrícula se ubique en instituciones o en programas con acreditación de alta calidad en cuanto a la pertinencia de la educación superior, el Sistema de Educación Terciaria facilitará la movilidad de los estudiantes entre niveles y tipos de educación y formación, así como el vínculo con el mercado laboral en términos de competencias, habilidades, destrezas y trayectorias profesionales. Por otra parte, la política educativa en materia de educación superior busca fomentar los procesos de autoevaluación, mejoramiento continuo, acreditación y certificación de calidad de las instituciones educativas.

Por lo tanto, para poder garantizar educación con altos estándares de calidad y con competencias adecuados en los procesos de enseñanza y aprendizaje que garanticen que la educación cada vez esté

acorde y en vanguardia con el desarrollo, social, cultural económico ético y moral acorde a las necesidades de la sociedad no solo a nivel nacional sino global, y con el fin de mantener dichas necesidades se ha logrado identificar que el proceso de aprendizaje se hace óptimo con el acompañamiento profesor, como lo nombra [3]: *el proceso de aprendizaje es el proceso clave de mayor importancia en un establecimiento educacional, se da al interior de la sala de clases y la responsabilidad primera es del profesor ya que de allí es donde se imparte el ser, saber ser con estrategias que hagan del aprendizaje un acompañamiento crítico, ético y motivador óptimo a las necesidades de la sociedad.*

Siendo el aprendizaje *el proceso a través del cual se modifican y adquieren habilidades, destrezas, conocimientos, conductas y valores. Esto como resultado del estudio, la experiencia, la instrucción, el razonamiento y la observación* [4], permitiendo que a partir de la practica la experiencia se tenga mayor éxito al momento de *aprender a aprender partiendo de la idea fundamental de que el profesor (mediador del aprendizaje), además de enseñar los contenidos de su especialidad, asume la necesidad de enseñar a aprender* [5, 6]. Por consiguiente, es importante resaltar y aclarar la importancia y el significado del acompañamiento pedagógico que:

*Es un proceso integrador y humanizado de la formación profesor, haciendo de ésta una oportunidad y un medio para la recuperación, conformación y fortalecimiento de espacios, dinámicas, condiciones, procesos y perspectivas, a lo interno de las comunidades educativas, que sirvan como soporte a una profesionalización en, para y desde la vida. Esto implica mucho más que participar en un programa académico o de intervención educativa* [7].

Con la anterior definición queda claro que es por lo que el profesor debe interesarse por buscar estrategias de aprendizaje que fomenten la calidad en la enseñanza y de esta manera se motive y se inflencie a el estudiante a mejorar sus capacidades tanto sociales como culturales y económicas. Como se menciona anteriormente dentro del acompañamiento profesor que se realiza a los estudiantes se puede implementar estrategias de enseñanza como la estrategia cognitiva que define y señala [8]:

*Las estrategias cognitivas son destrezas de manejo de sí mismo que el estudiante (o persona) adquiere, presumiblemente durante un periodo de varios años, para gobernar su propio proceso de atender, aprender, pensar y resolver problemas.*

Por otro lado, también es importante mencionar la clasificación de estrategias cognitivas que se hace en [9]:

*Clasifica las estrategias de enseñanza cognitivas en las siguientes habilidades cognitivas: Habilidad metacognitiva, habilidad de resolución de problemas, habilidad de resumir, habilidad de analizar, habilidad de describir/explicar, habilidad de comparar/contrastar, habilidad de recordar, habilidad de identificar detalles, habilidad de observar, habilidad de percibir.*

Teniendo dichas definiciones se puede concluir que al momento de implementar la estrategia cognitiva se fomenta y desarrollan habilidades que permiten mejorar la capacidad para adquirir conocimientos dando mayor respuesta a las necesidades y demandas que exige la profesión, en donde claramente se puede observar mejor destreza y pensamientos más críticos que permiten la solución a los problemas que demanda la sociedad según su desarrollo cultural y económico. En conjunto se puede decir entonces, que:

*Aprender a aprender implica la capacidad de reflexionar en la forma en que se aprende y actuar en consecuencia, autorregulando el propio proceso de aprendizaje mediante el uso de estrategias flexibles y apropiadas que se transfieren y adaptan a nuevas situaciones* [10].

Por lo tanto, de las estrategias de aprendizaje se puede decir que en ellas también se puede plantear diferentes estrategias como la *estrategia de elaboración* que se basa en que los estudiantes relacionen los conocimientos presentes con los nuevos, seguido se encuentra la *estrategia de la organización* que se basa en reunir la información por medio de resúmenes, resaltar textos, sacar ideas principales hace que la comprensión sea mayor en el aprendizaje, posteriormente se puede apoyar también en las *estrategias de comprensión* que se basa en alcanzar un nivel de conciencia alto teniendo como guía la planificación, regulación y evaluación final así llegando con mayor facilidad a el objetivo de aprendizaje, y por ultimo esta la *estrategia de apoyo* la cual se basa en mejorar la eficacia centrándose en la concentración, atención y tiempo y es aquí donde el profesor juega un papel importante en cuanto a la motivación del estudiante siendo esto fundamental para el desarrollo del aprendizaje llegando al objetivo final. Por lo tanto, es significativo resaltar la importancia que tiene el profesor [11]:



*El profesor en lugar de suministrar conocimientos participa en el proceso de construir conocimientos junto con el estudiante, se trata de un conocimiento construido y compartido, ello supone desarrollar en el estudiante capacidades, destrezas y habilidades para aprender. Lo cual es parte del enfoque constructivista para la educación del siglo XXI.*

Seguido a lo que se define como enseñanza universitaria en [11]:

*La enseñanza universitaria posee unas características que la definen como un proceso de ayuda para la búsqueda, adquisición y construcción del saber científico, así como un proceso intelectual que critica estos conocimientos.*

Según [9]:

*La educación Superior en el Siglo XXI-la perspectiva estudiantil de la UNESCO, se señala que los cuatro pilares en los que se debe fundamentar la enseñanza de los jóvenes universitarios son: aprender a ser, aprender a hacer, aprender a conocer y aprender a vivir con los demás.*

Mientras que [12]:

*Propone que el profesor universitario del Siglo XXI debe ser capaz de capacitar al futuro profesional en 6 aspectos: habilidades de aprendizaje permanente, habilidades de comunicación, habilidades de colaboración, habilidades creativas, capacidad para sobrevivir al cambio dinámico y capacidad de adaptación.*

En [9] también tienen como referencia el punto de vista:

*El profesor universitario tiene que ir amalgamando estas tres tareas en una sola expresión de su quehacer académico, la primera, centrada sobre el profesor, que atiende a la comunicación de ciertas unidades de contenidos o conocimientos; la segunda, centrada sobre el estudiante, que atiende al aprendizaje del estudiante; la tercera, el profesor tiene que saber investigar, enseñar y formar.*

Por lo tanto, la enseñanza universitaria en pleno siglo XXI como lo podemos evidenciar con lo anteriormente expuesto está a cargo tanto de los profesores como los estudiantes, fundando más una enseñanza constructiva y provocada por ambas partes, apoyadas en las diferentes estrategias que garanticen optimizar habilidades, capacidades y confianza creando una enseñanza crítica que permita la adaptación a las diferentes necesidades de la sociedad y la vida cotidiana. De igual forma me parece importante señalar la importancia que tiene la motivación para afianzar los procesos de enseñanza y aprendizaje y como lo menciona [12]:

*Es motivar, contagiar entusiasmo, orientar, plantear problemas, estimular la curiosidad científica y dar un contexto adecuado a lo que se trata, siempre contribuyendo a que el estudiante tenga más confianza en su capacidad de aprender.*

Cuando se logra motivar se avanza en la confianza y confiabilidad los cuales permiten optimizar las habilidades y capacidades en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para apoyar lo anterior se observa en [11] que el nivel de utilización de dichas estrategias es medio, debido a que los estudiantes consideran que solo un 30% de los profesores utiliza estrategias de enseñanza-aprendizaje, un 42% utiliza a veces, y un 28% que no la utiliza. El nivel de utilización de estrategias de enseñanza cognitivas (habilidades cognitivas) es medio, debido a que el 37% de los profesores utiliza las habilidades cognitivas, un 44% utiliza a veces, y un 19% que no la utiliza [12]. Respecto al nivel de utilización de estrategias de enseñanza para el aprendizaje significativo (organizadores del conocimiento) es bajo, debido a que solo un 23% de los profesores utilizan los organizadores del conocimiento, un 39% a veces los utilizan y un 38% que no lo utiliza. Asimismo, quienes brindan la mejor enseñanza a los estudiantes haciendo uso de las técnicas y estrategias son los profesores contratados, según la apreciación del 70% de estudiantes.

Por otro lado como lo plantea en un proyecto de investigación sobre experiencias de acompañamiento vivenciadas por estudiantes de pedagogía en su práctica profesional final en la región de La Araucanía, Chile con un estudio cualitativo con encuesta a 15 estudiantes que permitiera identificar la importancia y los criterios de mejoramiento durante el acompañamiento profesor, en donde hacen necesario resaltar la importancia entre la relación profesorado tutor estudiantes la características socioculturales, al igual que la motivación que debe existir para los profesores por medio de incentivos y así reconocer su labor y a los estudiantes el amor, importancia por su profesión sin que se vean desamparados se visibiliza la importancia

de articular universidades y centros de prácticas para repensar los roles de las personas tutoras y el estudiantado. En consecuencia, se recomienda diseñar un perfil de tutor y tutoras que represente los intereses de la comunidad educativa para disminuir la brecha entre teoría y práctica.

En terminación la efectividad y la eficiencia de dicho acompañamiento profesor de instituciones universitarias o de educación superior es vigilada por la Constitución política de Colombia que da las notas fundamentales de la naturaleza del servicio educativo. Allí se indica, por ejemplo, que se trata de un derecho de la persona, de un servicio público que tiene una función social y que corresponde al Estado regular y ejercer la suprema inspección y vigilancia respecto del servicio educativo con el fin de velar por su calidad, por el cumplimiento de sus fines y por la mejor formación moral, intelectual y física de los educandos. También se establece que se debe garantizar el adecuado cubrimiento del servicio y asegurar a los menores las condiciones necesarias para su acceso y permanencia en el sistema educativo.

### 3. MÉTODO

El diseño de investigación es fenomenológico ya que *su propósito principal era explorar, describir y comprender las experiencias de las personas con respecto a un fenómeno y descubrir los elementos en común de tales vivencias* [12], ello vinculado a la presente investigación se relacionó con el objetivo de analizar la percepción que tienen los estudiantes y profesores sobre los factores que se vieron involucrados en el acompañamiento profesor en el sitio de práctica clínica.

El enfoque de la investigación será de carácter mixto, *con las dos nociones de inducción y deducción*, por tanto, es cualitativo inductivo ya que *es flexible y se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes* [12]. Por lo tanto, se examinó la percepción de los estudiantes y los profesores sobre los factores que se vieron involucrados en el acompañamiento profesor para los procesos de enseñanza-aprendizaje, llevados de la teoría a la práctica. y cuantitativo explicativo ya que utiliza datos cuantitativos para dar respuestas a las preguntas de la entrevista aplicadas pudiendo identificar los factores que influyen en el acompañamiento profesor en la práctica clínica, y apoya los datos cualitativos para optimizar los resultados de los datos cuantitativos.

De acuerdo con la investigación, el paradigma es cualitativo naturalista [13]. Ya que se busca comprender una realidad y comprender las motivaciones personales o las creencias de un grupo de personas. Teniendo en cuenta los aportes de [14], en este paradigma se busca comprender una situación con la visión de los sujetos participantes, además se realiza con muestras pequeñas y prevalece la subjetividad *tanto en el análisis como en la interpretación de los resultados*.

#### 3.1 Instrumentos

Para este estudio se utilizaron dos instrumentos para cada grupo de participantes: 1) una encuesta en escala de Likert con 10 preguntas para estudiantes y 11 preguntas para los profesores; y 2) una entrevista semiestructurada, de manera individual y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener más información, con tres preguntas para los estudiantes y dos preguntas para los profesores.

#### 3.2 Participantes

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se tomará el tipo de muestra voluntaria e intencional en donde cada uno de los participantes serán voluntarios para responder la encuesta por iniciativa propia y cada uno de los frentes dentro del proceso, de la siguiente manera:

- Dos profesores encargados del seguimiento de práctica clínica de octavo semestre de fisioterapia de la universidad de educación superior, con edades de 35 y 37 años, un hombre y una mujer.
- Dos profesores profesionales en fisioterapia, líderes en la práctica clínica, con edades de 35 y 37 años, un hombre y una mujer.

- Diez estudiantes que cursen octavo semestre y hayan realizado su primera práctica en la clínica en una clínica al norte de Bogotá, cuyas edades varían entre 21 y 26 años, con una media de 23 años, 70% (7 estudiantes) de género femenino y 30% (3 estudiantes) masculino. Estos estudiantes cursan su primera práctica clínica.

### 3.3 Procedimiento

Con la finalidad de determinar las apreciaciones y opiniones de estudiantes y profesores sobre el proceso de práctica para la carrera de Fisioterapia, se les compartió a los participantes un cuestionario virtual, el tiempo estimado de aplicación de este instrumento fue de 10 minutos. Para las entrevistas se conversó directamente con cada persona y el tiempo estimado de aplicación fue de 15 minutos como media.

Con respecto al tema ético, se incluyó en la aplicación de ambos instrumentos un consentimiento informado en el cual se les garantizó a los participantes el anonimato, señalando que la participación era voluntaria y los resultados del estudio estaban orientados solo a fines científicos y educativos.

Bajo las entrevistas semiestructuradas, se realizó un análisis de contenido [15] por lo que la información recogida será traducida en categorías de asunto o nodos, con el fin de poder organizar conceptualmente los datos y presentar la información siguiendo un patrón. Esta categorización se realizó a partir de lo que los estudiantes y profesores manifiestan después de realizar las entrevistas, lo que se denomina método Emic, el desarrollo de este proceso se realiza a partir del programa en vivo; estableciendo las frecuencias relativas y acumulativas de cada categoría levantadas.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se presentan los resultados obtenidos sobre las apreciaciones de los estudiantes y profesores sobre el proceso de práctica. Para las opiniones plasmadas en la encuesta se presentan los resultados en porcentaje según las respuestas que están señaladas en escala de Likert denotadas por: Totalmente en desacuerdo TD, En desacuerdo ED, Ni de acuerdo ni en desacuerdo NA, De acuerdo DA y Totalmente de acuerdo TA. Para las entrevistas, las respuestas de cada persona se presentan textualmente en tablas.

### 4.1 Apreciaciones de los estudiantes

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la apreciación de los estudiantes sobre el acompañamiento académico en las prácticas.

**Tabla 1.** Resultados de la apreciación de los estudiantes sobre el acompañamiento académico en las prácticas

Pregunta	TD	ED	NA	DA	TA
P1. El profesor me da libertad y apoyo para innovar cuando tuve que realizar intervenciones	10%	0%	10%	50%	30%
P2. El profesor me brindó suficientes oportunidades para conversar con él o ella	10%	20%	0%	30%	40%
P3. El profesor me entregó retroalimentación que encontré útil para mi aprendizaje profesional	10%	0%	10%	30%	50%
P4. El profesor me propició oportunidades para autoevaluarme respecto de qué y cómo debo mejorar para desarrollarme como profesional	10%	10%	0%	50%	30%
P5. El profesor tiene claridad respecto de los roles y funciones que debía realizar para apoyarme como estudiante en práctica	10%	0%	20%	30%	40%
P6. El profesor me entregó la información que necesitaba recoger para las tareas que demanda la práctica	10%	0%	0%	40%	50%
P7. El profesor señaló las dificultades o facilidades que presenta este Centro de Práctica para la realización de tareas que requiere la práctica	10%	0%	40%	50%	0%
P8. El profesor fundamentó y justificó las decisiones, acciones e interpretaciones en el desarrollo de las tareas que demandó la práctica	10%	10%	10%	10%	60%
P9. Considero que hay suficiente coherencia entre lo que se me enseña en las asignaturas de la carrera y lo desarrollado en el Centro de Práctica	0%	0%	20%	60%	20%
P10. Los profesores del Centro de Práctica tienen liderazgo para realizar un acompañamiento eficiente durante el proceso de práctica	10%	0%	10%	20%	60%

Con respecto a las opiniones de los estudiantes, se observa que el mayor porcentaje de ellos señaló estar *de acuerdo* (50%) con que el profesor da la libertad y el apoyo para innovar cuando realizaron intervenciones. Estar *totalmente de acuerdo* (40%) con que el profesor les brindó suficientes oportunidades para conversar. Estar *totalmente de acuerdo* (50%) con que el profesor les entregó retroalimentación útil para el aprendizaje profesional.

Estar *de acuerdo* (50%) con que el profesor les propició oportunidades de autoevaluación de qué y cómo mejorar para el desarrollo profesional. Estar *totalmente de acuerdo* (40%) con que el profesor tiene claridad respecto de los roles y funciones que deberían realizar los estudiantes en la práctica. Estar *totalmente de acuerdo* (50%) con que el profesor les entregó la información que necesitaban recoger para las tareas que demanda la práctica.

Estar *de acuerdo* (50%) con que el profesor les señaló las dificultades o facilidades que presentaba el Centro de Práctica para la realización de las tareas correspondientes. Estar *totalmente de acuerdo* (60%) con que el profesor fundamentó y justificó las decisiones, acciones e interpretaciones en el desarrollo de las tareas que les demandó la práctica. Estar *de acuerdo* (60%) en que consideran que hubo suficiente coherencia entre lo que se les enseña en las asignaturas de la carrera y lo desarrollado en el Centro de Práctica. Estar *totalmente de acuerdo* (60%) con que los profesores del Centro de Práctica tienen liderazgo para realizar un acompañamiento eficiente durante el proceso de práctica.

En la Tabla 2 se presentan las opiniones de los estudiantes sobre el tiempo de acompañamiento académico en la práctica, de donde puede concluir que, de los 10 estudiantes encuestados, 5 estudiantes indican estar de acuerdo con el acompañamiento profesor realizado por parte del profesor de la universidad, ya que en el sitio de práctica se cuenta con los profesores referentes que brindan también apoyo y seguimiento dando respuestas a las demandas requeridas y permitiendo mayor autonomía en la toma de decisiones.

**Tabla 2.** Resultados de las opiniones sobre el tiempo de acompañamiento académico

Opinión	¿El tiempo de acompañamiento del profesor es suficiente para las tareas que demanda la primera práctica clínica? Justifique su respuesta
Estudiante 1	Sí, considero que el ir por lo menos una vez a la semana es pertinente para resolver las dudas que tienen los estudiantes y realizar retroalimentación.
Estudiante 2	No, el tiempo debería ser más extenso para poder afianzar las habilidades adquiridas.
Estudiante 3	Debería de implementarse un mayor acompañamiento por parte del profesor, ya que este hacía acompañamiento entre 1 o 2 días a la semana por lo que esto puede dificultar el proceso de aprendizaje.
Estudiante 4	Sí porque eso nos forma como profesionales, ya que nos permite la toma de decisiones y además también favorece en trabajo entre colegas, debido que si teníamos una duda estaba dispuesta a solucionarla.
Estudiante 5	Sí, porque tenemos el acompañamiento de otros profesionales.
Estudiante 6	No, debería ser más días el acompañamiento.
Estudiante 7	Sí, nos dan autonomía, pero a la vez nos brindan acompañamiento.
Estudiante 8	No, el acompañamiento del profesor era 1 vez por semana y por esta razón no había retroalimentación en todas las intervenciones, por lo tanto, al momento de evaluarnos cometíamos muchos errores.
Estudiante 9	Es adecuado. Sin embargo, a veces necesita acompañamiento.
Estudiante 10	No es suficiente, aunque existe la posibilidad de responder dudas o inquietudes vía WhatsApp a veces es necesario tener la posibilidad de realizar ese asesoramiento de forma más continua y presencial.

Por otro lado, los otros 5 estudiantes indican no estar de acuerdo ya que consideran pertinente realizar un acompañamiento más continuo con el fin de observar mejor las habilidades y destrezas que permitan un asesoramiento más presencial en la práctica del día a día respondiendo de manera oportuna a las dudas y realizar las respectivas retroalimentaciones, que al mismo tiempo garanticen y justifiquen la calificación dada por el profesor de la universidad teniendo como puntos de referencias las intervenciones realizadas en el día a día y no en 4 visitas realizadas en toda la rotación que implica prácticamente una vez a la semana.

En la Tabla 3 se exhiben las opiniones de los estudiantes sobre la cantidad de tiempo semanal de inserción en el Centro de Práctica, de donde se puede observar que los 10 estudiantes encuestados están de acuerdo con que el tiempo de inserción en el centro de prácticas es suficiente para desempeñar las tareas requeridas más, sin embargo, sugieren que debería ser mayor para garantizar mayor habilidad y destrezas en el proceso de enseñanza-aprendizaje ya que es un escenario que cuenta con diferentes campos de acción y diversas patologías a fines de llevar a la práctica con respecto al desarrollo profesional.

**Tabla 3.** Resultados de las opiniones sobre la cantidad tiempo semanal de inserción en el Centro de Práctica

Opinión	¿Considero que la cantidad de tiempo semanal de inserción en el Centro de Práctica fue suficiente en cuanto a extensión e intensidad para desempeñar las tareas requeridas? Justifique su respuesta
Estudiante 1	Considero que la cantidad semanal es suficiente, aunque sí debería ser solo un sitio de práctica durante los dos meses de práctica asistencial.
Estudiante 2	De acuerdo.
Estudiante 3	El tiempo semanal que se realizaba en el centro de práctica es oportuno para poder desempeñar las tareas, lo que sí debería de mejorar es en cuanto al tiempo de rotación ya que es muy corto (1 mes) en cada centro de práctica por lo que esto limita el proceso de aprendizaje y el poder llevar un control.
Estudiante 4	Sí fue suficiente, sino que por pandemia me hubiese gustado realizar práctica con componente cardiopulmonar.
Estudiante 5	Sí.
Estudiante 6	Sí.
Estudiante 7	No, hay muy poco tiempo la aprender, comprender e integrar los conocimientos.
Estudiante 8	Sí.
Estudiante 9	Fue suficiente.
Estudiante 10	Es el tiempo indicado de acuerdo con lo programado en la asignatura de Práctica, aunque sería conveniente alargar el tiempo en las rotaciones para tener mayor oportunidad de aprendizaje.

En la Tabla 4 se muestran los resultados de las opiniones de los estudiantes sobre lo que se debe mejorar en la práctica. Se puede evidenciar que los 10 estudiantes encuestados indican dos propuestas claras; la primera que debe ser mayor el tiempo de rotación en los sitios de practica ya que un mes no es suficiente para poder poner en práctica el aprendizaje y enseñanzas, ya que el sitio de práctica cuenta con diferentes escenarios que permiten el desarrollo de habilidades y destrezas conformes a sus competencias y la adherencia a los protocolos institucionales y administrativos de igual manera son demandantes.

Por otro lado las segunda propuesta es un mayor acompañamiento por parte del profesor de la universidad ya que saca sus apreciaciones, y juicios de las técnicas empleadas, desarrollo y manejo de los pacientes y diversas patologías, con cuatro días del mes, entorpeciendo la confianza, comunicación y acompañamiento profesor-estudiante, ya que las exigencias por el mismo son exigencias diferentes dadas por el referente de práctica debido al que el acompañamiento en tiempo es más limitado por lo que tiene que dar cumplimiento a las metas que le exige la clínica al profesional.

**Tabla 4.** Resultados de las opiniones sobre lo que se debe mejorar en la práctica

Opinión	¿Desde su experiencia que opina que se debe mejorar en la práctica?
Estudiante 1	Consideró que es importante replantear el tiempo de estancia en el sitio de la práctica, que sea más de un mes.
Estudiante 2	Se debería incrementar el tiempo de práctica en cada sitio de rotación, además de poder explorar la posibilidad de que el profesor universitario estuviera presente en los sitios de rotación de manera más continua para conocer sus opiniones y formas de realizar procedimientos, para de esta forma afianzar mejor los conocimientos base de cada estudiante.
Estudiante 3	Lo que debería mejorar en cuanto a la práctica es que debería ser más largo el tiempo de rotación en cada centro de práctica, esto facilitaría un mayor proceso de aprendizaje y que los estudiantes afiancen más los conocimientos y pongan en práctica los conceptos aprendidos a lo largo de la carrera.
Estudiante 4	La intervención cardiopulmonar en UCI.
Estudiante 5	Tener más retroalimentación sobre el conocimiento y debilidades que tenemos como estudiantes.
Estudiante 6	Práctica basada en la Evidencia científica, análisis de resultados de exámenes.
Estudiante 7	El tiempo que uno debe estar en cada Cirilo de rotación, debe ser mayor.
Estudiante 8	Mayor retroalimentación sobre el seguimiento de la evolución del paciente.
Estudiante 9	La organización.
Estudiante 10	En lo posible mayor tiempo en cada rotación con el fin de afianzar y poner a prueba lo aprendido en las asignaturas de la Universidad ya que cada paciente es un mundo diferente y un aprendizaje más , por otro lado mejorar el acompañamiento profesor-estudiante ya que, según mi experiencia en esta práctica 1 día a la semana de acompañamiento no es suficiente, pero recalco el excelente acompañamiento del referente de las instituciones hospitalarias y la innovación de enseñanza en estos lugares que generan en los estudiantes mayor confianza y seguridad al realizar las tareas de la rotación.

Con estos resultados se puede concluir que la relación profesor-estudiante, es adecuada y están de acuerdo lo cual favorece los procesos de enseñanza y aprendizaje, permitiendo a cada estudiante ganar confianza, autonomía, habilidades y destrezas para sus intervenciones y desarrollos afines a la demanda que requiere la práctica según su desarrollo profesional.

Por otro lado, los estudiantes señalaron que asistencia por parte del profesor una vez a la semana no genera una observación continua de su desempeño en cuanto a sus habilidades, destrezas y debilidades que

permitan desarrollar una retroalimentación continua acorde con los procesos de la práctica en donde se entorpece la confiabilidad, las exigencias del profesor universitario las cuales son diferentes al profesor referente o de la clínica alterando por completo la comunicación asertiva, seguridad y percepciones claras con el profesor, viendo como principal factor comprometido la nota de la práctica clínica y apreciaciones poco efectiva hacia su desempeño y rol en la práctica.

## 4.2 Apreciaciones de los profesores

En la Tabla 5 se exponen la apreciación de los profesores sobre el acompañamiento académico en las prácticas.

**Tabla 5.** Resultados de la apreciación de los profesores sobre el acompañamiento académico en las prácticas

Aspecto	TD	ED	NA	DA	TA
P1. Brindo suficientes oportunidades para conversar con los estudiantes	0%	0%	0%	25%	75%
P2. Propicio oportunidades para la autoevaluación como espacio para el desarrollo profesional	0%	0%	0%	25%	75%
P3. Doy espacios para reforzar la vocación profesor	0%	0%	25%	0%	75%
P4. Muestro buena disposición para apoyar el aprendizaje profesional del estudiante	0%	0%	25%	25%	50%
P5. Señalo dificultades o facilidades que presenta el Centro de Prácticas para la realización de las tareas que requiere la práctica	0%	0%	0%	25%	75%
P6. Tengo suficiente autonomía y liderazgo para implementar procesos de enseñanza y aprendizaje	0%	0%	50%	0%	50%
P7. Percibo que hay un trabajo coordinado entre lo que el Centro de Práctica espera que yo haga y lo que la Universidad propone	0%	50%	0%	50%	0%
P8. Valoro lo que los profesores en práctica esperan como mentor	0%	0%	100%	0%	0%
P9. Corrijo en el momento los errores que comenten los profesores en práctica	0%	25%	50%	25%	0%
P10. Existe incertidumbre acerca de la preparación específica que deben recibir los profesores en práctica antes de realizar la práctica profesor	0%	25%	25%	50%	0%
P11. Existen mecanismos de colaboración claros entre los profesores mentores del Centro de Práctica y los profesores supervisores de la Universidad	0%	100%	0%	0%	0%

Con respecto a las apreciaciones de los profesores, se observa que el mayor porcentaje de profesores manifestó estar *totalmente de acuerdo* con que brindaron las suficientes oportunidades para conversar con los estudiantes (75%), propiciaron oportunidades para la autoevaluación como espacio para el desarrollo profesional (75%), dieron espacios para reforzar la vocación profesor (75%), mostraron buena disposición para apoyar el aprendizaje profesional del estudiante (50%) y señalaron las dificultades o facilidades que presenta el Centro de Prácticas para la realización de las tareas que requiere la práctica (75%).

En relación con que tuvieron la suficiente autonomía y liderazgo para implementar procesos de enseñanza y aprendizaje, la mitad de los profesores señaló no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo*, mientras que la otra mitad declaró estar *totalmente de acuerdo*.

La mitad de los profesores declaró estar *en desacuerdo* con que hay un trabajo coordinado entre lo que el Centro de Práctica espera que yo haga y lo que la Universidad propone, mientras que la otra mitad afirmó *estar de acuerdo*. La totalidad de los profesores manifestó no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* con que valoraron lo que los profesores en práctica esperaban como mentor. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (50%) con que corrigieron en el momento los errores que comenten los profesores en práctica. Estar *de acuerdo* con que existió incertidumbre acerca de la preparación específica que deben recibir los profesores en práctica antes de realizar la práctica profesor (50%) y con que existen mecanismos de colaboración claros entre los profesores mentores del Centro de Práctica y los profesores supervisores de la Universidad (50%).

En la Tabla 6 se muestran las opiniones de los profesores sobre la cantidad de tiempo semanal de inserción en el Centro de Práctica, de donde se puede afirmar que los cuatro profesores indican que no consideran suficiente la cantidad de tiempo semanal de inserción en el Centro de Práctica en cuanto a extensión e intensidad ya que las tareas requeridas, para el desarrollo de enseñanza-aprendizaje requieren de un mayor tiempo de acompañamiento y seguimiento.

**Tabla 6.** Resultados de las opiniones sobre la cantidad de tiempo semanal de inserción en el Centro de Práctica

Opinión	¿Considero que la cantidad de tiempo semanal de inserción en el Centro de Práctica es suficiente en cuanto a extensión e intensidad para desempeñar las tareas requeridas?
Profesor 1	No es suficiente el tiempo. Los estudiantes deben ser apoyados diariamente por profesionales del centro hospitalario. Sin embargo, el tiempo semanal les permite utilizar acabados uno las tácticas de estudio que sean más efectivas para su estilo de aprendizaje.
Profesor 2	No es suficiente ya que no se puede estar en constante seguimiento de los estudiantes no pudiendo sacar un juicio crítico referente a sus habilidades; fortalezas y debilidades.
Profesor 3	No. Las semanas para practica integral son pocas.
Profesor 4	Considero que hace falta mayor tiempo diario y semestral, los estudiantes no alcanzan a revisar todos los temas, ni a afianzar el conocimiento y las aptitudes para intervenir adecuadamente un paciente, de igual forma ellos deben tener el tiempo de rotar por todos los servicios.

En la Tabla 7 se presentan las opiniones de los profesores sobre lo que se debe mejorar en la práctica. Los cuatro profesores encuestados indican realizar mayor acompañamiento a los estudiantes por parte de los profesores de la universidad, con el fin de mejorar la comunicaciones entre los profesores referentes del sitio de práctica clínica en el norte de Bogotá, y así tener la misma comunicación entre ellos para poder estar alineados entre las exigencias de la practica en la clínica y la universidad y no llevar a los estudiantes a un punto de confusión entre las exigencias requeridas por cada profesor afectando los procesos de enseñanza y aprendizaje.

**Tabla 7.** Resultados de las opiniones sobre lo que se debe mejorar en la práctica

Opinión	¿Desde su experiencia que opina que se debe mejorar en la práctica?
Profesor 1	Los estudiantes deben empezar a adoptar hábitos de aprendizaje reflexivo. reflexión es un proceso metacognitivo que ocurre antes, durante y después de situaciones concretas con el fin de desarrollar una mayor comprensión tanto de uno mismo como de la situación, de manera que los futuros encuentros con situaciones parecidas se benefician de los encuentros anteriores. El apoyo a los estudiantes iniciando las prácticas clínicas debería ser constante con el paciente y su familia y gradualmente dejarlos hacer su propio aprendizaje.
Profesor 2	Se debe mejorar el tiempo de dedicación en el centro de práctica para poder realizar mejor seguimiento y acompañamiento a los estudiantes junto con los colegas profesionales; permitiendo así mismo dejar en la clínica trabajos o actividades de investigación que permitan optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje.
Profesor 3	Se debe tener más tiempo en la práctica. Si los profesores no son de la universidad deberían dar cronograma de temas a los profesores del centro de práctica para estar organizados con los estudiantes y que los objetivos que la práctica les plantea a los estudiantes sean los que se les brindan en la práctica.
Profesor 4	Pienso que el mentor que está a cargo de los estudiantes diariamente debería tener presencia en la clínica o hacerlo de forma más seguida y de igual manera intentar tener una comunicación más asertiva con la persona que está pendiente de ellos y asimismo tener claro qué puntos está valorando el cómo profesor, los temas que se están viendo para poder nosotros como trabajadores exigir lo mismo.

Con estos resultados se puede señalar que según la relación estudiante es adecuada para optimizar los procesos de enseñanza de aprendizaje, tanto para ellos como profesores y para los estudiantes, garantizando una enseñanza de alta calidad. Además, las cosas que debe mejorar la práctica clínica es brindar mayor acompañamiento de los profesores por parte de la universidad, mejorar la comunicación entre profesor mentor y profesor universitario, que permita mayor alineación entre las exigencias de la práctica con la universidad y con la clínica y de esta manera no confundir los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes.

### 4.3 Análisis de contenido

Se puede concluir que tanto los profesores como los estudiantes están de acuerdo con el acompañamiento brindado por parte del profesor bien sea de la universidad o profesor referente del sitio de práctica, que se hace durante la práctica clínica en cuanto a el apoyo, junto con la retroalimentación realizada, la información entregada y los espacios de comunicación siendo estos óptimos y suficientes para el desarrollo de las tareas que demanda la práctica clínica y la profesión.

Pero tanto los profesores como los estudiantes están de acuerdo en que uno de los factores que más interfiere para que el acompañamiento profesor sea óptimo es el tiempo de inserción en el sitio de práctica, toda vez que el profesor de la universidad va solo una vez a la semana y no se da cuenta del proceso de los estudiantes sacando una nota apreciativa con una vez a la semana de observación y acompañamiento en

el campo, adicionalmente las exigencias propuestas por el profesor de la universidad no son las mismas del profesor referente del sitio de práctica, ya que por sus múltiples funciones laborales, como la demanda alta de pacientes y funciones administrativas que se desarrollan en la clínica no pueden hacer el acompañamiento con la misma intensidad y frecuencia que la realiza el profesor universitario, de una u otra manera afectando la autonomía, confianza, libertad y claridad en los procedimientos a desarrollar durante la evaluación e intervención de los pacientes, generando así confusión en los conocimientos, teorías y prácticas que llevan a entorpecer las habilidades destrezas y cualidades de los estudiantes; al igual que la puesta en duda entre los profesores universitarios y del sitio de práctica no tomando muy en cuenta la valoración y juicio crítico del profesor profesional o referente de la clínica.

## 5. CONCLUSIONES

Según los resultados de la aplicación de la entrevista y el cuestionario en escala de Likert, se puede concluir que tanto los profesores como los estudiantes están de acuerdo con el acompañamiento brindado por parte del profesor bien sea de la universidad o profesor referente del Centro de Práctica, que se hace durante la práctica clínica en cuanto a el apoyo, junto con la retroalimentación realizada, la información entregada y los espacio de comunicación siendo estos óptimos y suficientes para el desarrollo de las tareas que demanda la práctica clínica y la profesión.

Pero tanto los profesores como los estudiantes están de acuerdo en que uno de los factores que más interfiere para que el acompañamiento profesor sea óptimo es el tiempo de inserción en el sitio de práctica, toda vez que el profesor de la universidad va solo una vez a la semana y no se da cuenta del proceso de los estudiantes sacando una nota apreciativa con una vez a la semana de observación y acompañamiento en el campo, adicionalmente las exigencias propuestas por el profesor de la universidad no son las mismas del profesor referente del sitio de práctica, ya que por sus múltiples funciones laborales, como la demanda alta de pacientes y funciones administrativas que se desarrollan en la clínica no pueden hacer el acompañamiento con la misma intensidad y frecuencia que la realiza el profesor universitario, porque de una u otra manera afectan la autonomía, confianza, libertad y claridad en los procedimientos a desarrollar durante la evaluación e intervención de los pacientes, generando así confusión en los conocimientos, teorías y prácticas que llevan a entorpecer las habilidades destrezas y cualidades de los estudiantes; al igual que la puesta en duda entre los profesores universitarios y del sitio de práctica no tomando muy en cuenta la valoración y juicio crítico del profesor profesional o referente de la clínica.

Cabe mencionar que el proceso de prácticas profesionales de cualquier área, es crucial en la formación universitaria, ya que son las instancias que permiten que los estudiantes tengan un acercamiento con la realidad laboral y puedan poner en práctica los conocimientos y habilidades desarrolladas en la Universidad. A pesar de que las prácticas son llevadas a cabo fuera de las instalaciones universitarias, no dejan de ser periodos educativos, por lo que también son períodos de aprendizaje, ya que los estudiantes pueden compararse con profesionales que llevan años ejerciendo y absorber experiencia para resolver problemas y abordar situaciones de emergencia.

Una vez expuesto esto, es importante hacer hincapié en que el proceso de prácticas analizado en este estudio corresponde a una carrera de área de la salud, área en la cual toma aún mayor relevancia el período de prácticas, ya que el profesional de esta área trata directamente con personas y la salud de éstas, por lo que cualquier error en algún procedimiento podría conllevar consecuencias y situaciones delicadas. Por tal motivo, la posición que las instituciones universitarias toman en estos procesos es de profunda responsabilidad.

Para próximos estudios sería interesante analizar lo que sucede lo que sucede en los procesos de prácticas desde la academia, explorando lo que sucede con las planificaciones, gestiones entre Universidad y Centros de Prácticas, instrumentos de evaluación de las estudiantes una vez culminadas las prácticas, entre otros aspectos.

Este estudio pretende ayudar a identificar los factores que intervienen de manera positiva y negativa en el acompañamiento que hace el profesor durante la ejecución de las prácticas clínicas en una de las carreras



del área de las ciencias de la salud como lo es la fisioterapia, favoreciendo los procesos de enseñanza-aprendizaje durante este proceso de acercamiento al mundo laboral y de esta manera contribuir a la mejora de las prácticas profesionales de las ciencias de la salud.

## REFERENCIAS

- [1] San Martín D. et al. (2021). Prácticas de mejora para el proceso de acompañamiento pedagógico. *Actualidades Investigativas en Educación* 21(2), 145-170.
- [2] Congreso de Colombia. (1992). Ley 30 de 1992. Colombia.
- [3] Zulantay A. (2011). Formas de acompañamiento profesor. *Educar*.
- [4] Ministerio de Educación. (2021). Informe de educación. Recuperado: <https://www.mineduc.gob.gt>
- [5] Díaz M. (2002). Flexibilidad y educación superior en Colombia. Editorial Instituto Colombiano para el Fomento y Desarrollo de la Educación Superior ICFES.
- [6] Medrano M. (2006). El poder educativo de la televisión. *Revista de psicodidáctica* 11(1), 93-107.
- [7] Martínez H. et al. (2010). Acompañamiento pedagógico y profesionalización profesor: sentido y perspectiva. *Ciencia y Sociedad* 35(3), 521-641.
- [8] Chadwick C. (1991). Una revolución verde en la educación: Las estrategias de aprendizaje. Reporte técnico. Nicaragua.
- [9] Juárez Y. et al. (2012). Estrategias de enseñanza-aprendizaje de los docentes de la facultad de ciencias sociales de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno 2012. *Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo* 3(1), 58-67.
- [10] Girata G. (2009). Diseño y aplicación de un ambiente virtual de aprendizaje con los estudiantes del énfasis de gestión empresarial de la I.E.D. la Aurora. Trabajo de grado. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- [11] Mendoza Y. et al. (2012). Estrategias de enseñanza-aprendizaje de los docentes de la facultad de ciencias sociales en la Universidad nacional del altiplano-Puno 2012. *Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo* 3(1), 58-67.
- [12] Hernández R. et al. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- [13] Blumer H. (1928). Method in social psychology. Disertación Doctoral. The University of Chicago.
- [14] Gil C. et al. (2017). Educational research paradigms, from a critical perspective. *Revista Conrado* 13(58), 72-74.
- [15] Molina M. (2018). Análisis de contenido en páginas web del desempeño en responsabilidad social corporativa (RSC) de las empresas: Aplicación al sector azulejero de España. Tesis de maestría. Universitat Politècnica de València.

# Enseñanza de la investigación cualitativa en programas de postgrado en salud y educación en Bogotá, Colombia

Laura Belkis Parada Romero<sup>1</sup>

*Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia*

Este capítulo es el resultado de describir cómo se realizan las clases de Investigación metodología 1 y 2 de la especialización en Seguridad y salud en el trabajo en una institución de educación superior y seminario de Trabajo de grado 1 y 2 de un programa de maestría en educación en otra institución de educación privada en Bogotá, Colombia. En la primera parte se introduce la orientación epistemológica de esta enseñanza cualitativa, tendencia de mayor frecuencia en los trabajos de grado de los estudiantes; luego se describe la metodología o secuencia didáctica de las asignaturas en los dos programas; y posteriormente se compara la parte teórica con la práctica y los resultados de la metodología empleada, en consonancia con la orientación curricular institucional propia de cada universidad.

---

<sup>1</sup> Doctora en Educación y Posdoctora en Didáctica de la Investigación Educativa. Contacto: [laura.paradar@campusucc.edu.co](mailto:laura.paradar@campusucc.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las preocupaciones actuales en las universidades colombianas, específicamente en programas de postgrado en Educación y salud, ha sido el desarrollo de la competencia científica en los estudiantes que cursan tanto especialización como maestría e incluso doctorado; este escrito quiere mostrar y comparar como se hace investigación cualitativa en la práctica en Colombia (desde la enseñanza y los micro currículos establecidos para las asignaturas pautadas en cada programa) y que dice específicamente la literatura frente al ejercicio, para ello se ha realizado la lectura del texto [1], que permite visualizar cuales serían esos pasos o etapas que debe sortear el investigador una vez quisiera construir un proyecto investigativo cualitativo.

Para ello se describe como se enseña específicamente investigación en el programa de maestría de la Universidad en Colombia donde actualmente nos desempeñamos como profesores de formación en investigación; como se les ha comentado: inicialmente a los estudiantes, no existe una sola postura frente a como se enseña a investigar en la maestría, dado que existen profesores de diversas disciplinas, formaciones académicas y generacionales, es decir profesores jóvenes que inician su experiencia, los profesores con experiencias entre los 10 - 20 años y los profesores que tienen entre 25 o más años, en ese escenario es rica la posibilidad de comprender los diferentes fenómenos sociales, académicos, formativos y vivenciales teniendo esta posibilidad de profesores de diferentes apuestas epistemológicas mencionadas por [2], donde exista una conversación con el peso de la teoría y la práctica desde lo inductivo, deductivo y abductivo.

Los cursos o seminarios que se pautan dentro de la institución, están orientados dentro del marco de lo que se considera un syllabus, parcelador, guía académica, este documento se ha actualizado durante el transcurso del año, con el consenso de los profesores del programa, este documento tiene información sobre el número de créditos del seminario, la intención pedagógica del mismo, los resultados de aprendizaje que se esperan de los estudiantes; la enseñanza de la investigación es un proceso que se da en dos momentos: un primer seminario que determina esas primeras fases de construcción investigativa como son: los objetivos, los antecedentes, los marcos conceptuales, epistemológicos y por último el diseño metodológico.

En contraste de esta habitual práctica, en [1] se considera una ruta muy similar estableciendo un orden para la primera fase de la siguiente manera: *tema y pregunta, relevancia, viabilidad, objetivos, bibliografía, paradigma, participantes*, esto en la primera fase, para la segunda fase: *contemplan los participantes, procedimiento de la información, organizar la información e informe final*; aquí en Colombia esa segunda fase comprende: la etapa práctica, la aplicación de instrumentos, el análisis de resultados, la discusión y las conclusiones, frente a esta comparación, las etapas de la construcción del proyecto no distan mucho, solamente cambian los nombres de los pasos; de la misma manera, los métodos cualitativos para obtener la información (instrumentos) también son conocidos como los mencionados por [1], que van desde el cuestionario, la construcción de entrevistas, los procesos de observación, las historias de vida, los grupos focales de participantes, las narrativas y las foto-biografías, por mencionar algunos.

Las clases de los dos seminarios mencionados son generalmente presenciales o virtuales de acuerdo a la modalidad ofrecida por la institución, con una duración de 5 horas por sesión y un número promedio de 10 a 12 sesiones por seminario, en estas últimas se establecen dinámicas de lectura y consulta con: actividades orientadas por los profesores o tutores en plataformas Moodle o Blackboard; durante los últimos 3 años y en consecuencia de los efectos de la pandemia Covid-19 se han hecho más populares los programas de postgrado remotos o virtuales, teniendo las instituciones que ajustar curricularmente sus planes de estudio para responder a la necesidad de los estudiantes hoy en día.

Dentro de las reflexiones que ha suscitado también la virtualidad y lo remoto se han realizado ciertas reflexiones importantes en el procedimiento, planeación y ejecución de los proyectos, siendo de vital importancia el acompañamiento del profesor, en el proceso formativo de esa experiencia investigativa inicial, del estudiante de postgrado; garantizando, como lo menciona [1], la necesidad de que exista una

revolución a nivel de la investigación cualitativa, donde puedan evidenciarse algunos enfoques y marcos teóricos o interpretaciones de la realidad pasando por lo conversacional, hermenéutico, fenomenológico, teorías fundamentadas y fenomenografía entre otros; realizando un proceso de autorregulación y evaluación de las estrategias didácticas que ese emplean para el aprendizaje de la investigación en la práctica (Figura 1).



**Figura 1.** Introducción a la investigación cualitativa: Fases, métodos y técnicas [2]

El resultado ha permitido evidenciar la eficacia del acompañamiento del estudiante en el proceso de construcción de su proyecto de investigación, teniendo un alto número de graduados que aplican su conocimiento en los diferentes niveles de formación que se dan en Colombia a nivel de educación para: la primera infancia, la educación básica media y Educación superior. Se espera que como resultado del postdoctorado que actualmente la autora desarrolla se permita divulgar las formas como prácticamente se enseña a diseñar un trabajo de grado con línea cualitativa y que dé cuenta de esas formas prácticas de enseñar la investigación cualitativa en Colombia. Que, finalmente, para la autora se constituye en el motivo de construcción continua de todos los días.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Paradigma, enfoque y método: Tres conceptos presentes en los trabajos de grado. Caso especialización en Gestión en seguridad y salud en el trabajo de Unitec

En la actualidad en el desempeño como profesor de postgrados en especialización en Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, la autora de este escrito a notado en los dos últimos años la tendencia de la elaboración de proyectos de grado de tendencia cualitativa, paradigma cualitativos con enfoque crítico social o socio crítico y método estudio de caso; esto enmarcado dentro de la importancia del método mencionado que permite ciertas libertades en escoger la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de la información.

En este contexto el análisis de quien escribe y con los últimos años de pandemia mundial, los procesos de enseñar o pautar proyectos investigativos han tenido un giro más social, humano y transformador. Los estudiantes de postgrado se preguntan más si sus proyectos de grado o investigación resolverán un fenómeno propio en las aulas o fuera de ellas. Una comunidad, una institución, una empresa, un municipio o población, las preguntas investigativas no solo se están centradas en mostrar el fenómeno, sino también de que manera lo que se aprende en el proceso formativo les permite a los estudiantes: dilucidar soluciones que mejoren la calidad de vida de unos actores que pueden ser educativos o no, población, sector, etc.

Este escrito estará enmarcado en la vivencia de la especialización en gestión de la Seguridad y salud en el trabajo en la institución Unitec en Bogotá, que ofrece este programa de forma virtual y que dentro de su plan de estudios tienen el seminario de investigación 1 y 2, estos seminarios se ha orientado los dos últimos años, incluido el tiempo de pandemia; en 2022 se orientaron 42 trabajos como tutor y en 2023 55 trabajos, para un total de 97 trabajos, un logro bastante fuerte para una sola tutora, pero también con una fuerte

convicción que se puede pautar, este tipo de programas para los profesionales de todo el país dentro de las tendencias paradigmáticas como lo define Kuhn como un conjunto de creencias, valores y orientadores epistemológicos; la línea de más o menos el 90 por ciento de los trabajos orientados es cualitativa.

En esta disciplina se pauta con mayor frecuencia el tema de la identificación de un riesgo laboral o patología ocupacional, se caracteriza la población inmersa en el estudio y se propone un plan de mitigación o minimización del riesgo o la enfermedad presente, lo interesante del ejercicio es que existen muchos riesgos laborales que van desde lo físico, pasando por lo eléctrico, ergonómico, social, químico y biológico en sintonía con estos riesgos, también existe las enfermedades por las ocupaciones, por lo que los temas son muy variados y cabe anotar que también las regiones de Colombia pues son variadas y diferentes.

Revisando la tendencia de los diferentes proyectos elaborados en la especialización, el paradigma más frecuente es el cualitativo [5] (Figura 2), aunque son pocos los proyectos de corte positivista (cuantitativos) y algunos llamados de corte mixto que epistemológicamente no son rigurosos y con frecuencia se parte de los instrumentos y técnicas escogidas por los investigadores, las muestras tomadas de forma arbitraria; libertad que tiene el estudiante y facilidad en su región), son las empresas, las instituciones, las comunidades que tienen a la mano en sus departamentos, municipios, veredas, caseríos etc.

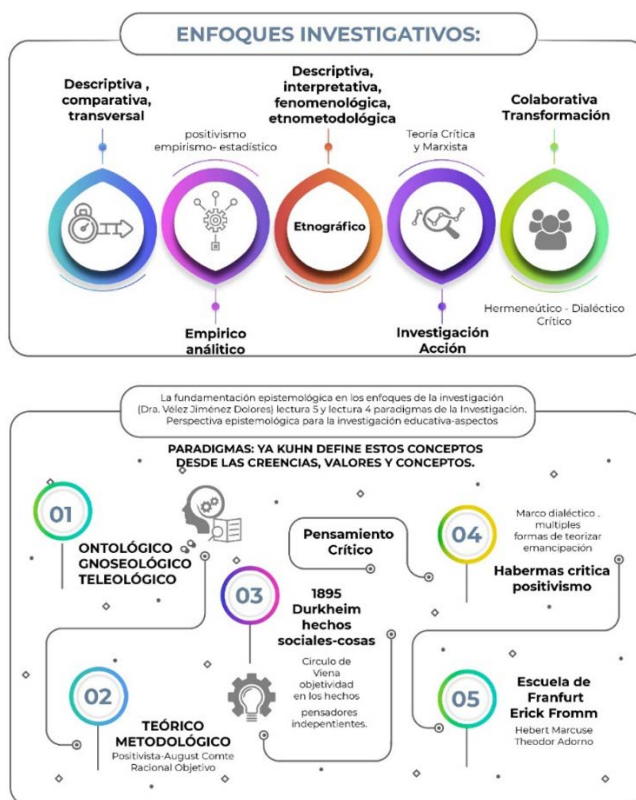


Figura 2. A. Enfoques investigativos; B. Qué es el saber y el conocimiento [5]

De la misma manera, el enfoque socio crítico o crítico social que implica estudiar el fenómeno desde la necesidad de transformar la realidad a través de los actores educativos o los profesionales que se desempeñan en las instituciones involucradas, pensando más allá de cumplir con un requerimiento de grado por parte de los estudiantes, el trabajo de grado se constituye en una alternativa de mejorar para la calidad de vida de los sujetos involucrados [6]. Una de las grandes falencias en la construcción de los proyectos es el total desconocimiento de temas investigativos, tanto de los estudiantes como de los profesores disciplinares, por lo que es fundamental una formación pedagógica adicional a esas fortalezas disciplinares de los profesores y no solo los profesores de investigación, si no de las otras áreas del conocimiento (Figura 3).

La misión es clara e importante: acompañar a los estudiantes en ese proceso de aprendizaje de la investigación cualitativa, es fundamental y explicar cada una de estas rutas, igual de la misma manera que ellos puedan identificar que paradigma, que enfoque, que método puede configurar, el estudiante puede

realizar su proyecto de investigación sin entrar en discusión con lo que inicialmente pensaban hacer y realmente responder eso que los inquieta o cuestiona, resolviendo de fondo preguntas de la cotidianidad o la labor.

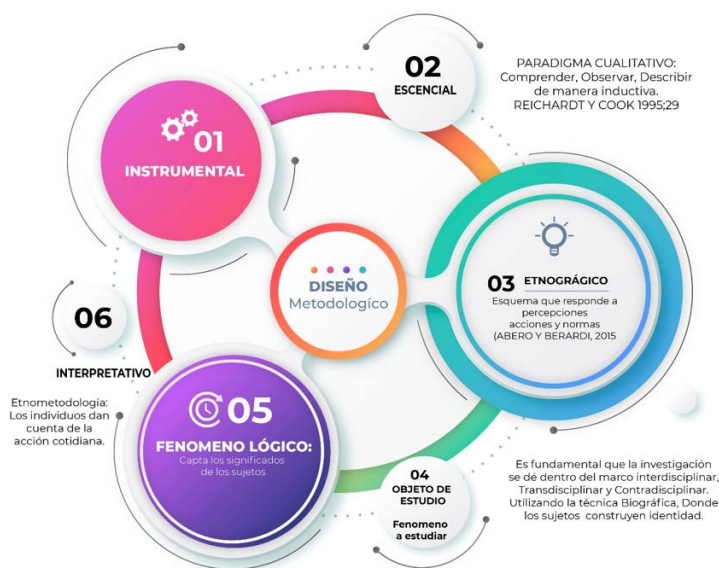


Figura 3. Aspectos metodológicos de la investigación [3]

El trabajo metodológico ha resultado productivo, dado que, en 2021, de los 42 trabajos realizados como orientados, se presentaron 13 artículos de investigación, y en 2022, de los 45 trabajos orientados se presentaron 29 también en evento científico con publicación de capítulo de libro. Muchas son las misiones de los profesores que orientan metodología de la investigación con respecto a las inquietudes de los estudiantes frente a las rutas de aplicación, como también nuestro compromiso de seguir encaminados a procesos formativos que perfeccionen nuestra práctica.

En el caso de la Especialización en seguridad y salud en el trabajo la institución apertura cursos virtuales en plataforma Moodle con una capacidad de 30 estudiantes por grupo, semestralmente la institución contrata 4 profesores, porque en promedio se apertura 16 cursos de investigación 1 y 2 por semestre, por lo que cada profesor tiene en promedio 120 estudiantes a cargo; cabe resaltar que uno de los productos de estos cursos son los trabajos de grado para obtener el título de especialista que puede ser un documento escrito que, posteriormente, se sustenta y evalúa o la construcción de un artículo o capítulo de libro aceptado en un congreso o publicación con capítulo de libro; de otro lado en el posgrado en Educación se apertura dos seminarios presenciales con capacidad de 30 a 50 estudiantes en este caso las clases son presenciales o virtuales dado que el programa es ofrecido de manera presencial y virtual; el programa virtual también tiene acceso a una plataforma Moodle donde los estudiantes tienen material de estudio, videos, actividades, mecanismos de evaluación, comunicación a través de chats o mensajes de correo.

El resultado de seminario Trabajo de grado 1 y 2 en el caso del programa de maestría es la entrega de un documento de sustentación y defensa del trabajo de investigación que también en su gran mayoría son de corte cualitativo, realizado en este espacio a diferencia de la especialización el concepto de publicación es más bien reducido, no está incluido dentro de las opciones de grado a diferencias de la especialización. Uno de los logros obtenidos durante el periodo 2022 es la publicación de un trabajo de grado en congreso, con correspondiente publicación en Dialnet, un espacio virtual categorizado dentro de los niveles de indexación en las publicaciones.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Apropiación epistemológica en los seminarios de maestría y especialización

La apropiación epistemológica de los seminarios de investigación tanto en especialización como maestría se considerara como insumo estructurales para la sistematización de contenidos teóricos y prácticos, el

realizar lecturas de varios autores y generar estrategias de aprendizaje a través de mapas conceptuales e infografías que posteriormente pudieran alimentar o pautar un escrito o proyecto en los estudiantes, que dé cuenta del como enseñamos la metodología de la investigación en programas de postgrado en salud y educación en Colombia; en donde la secuencia didáctica del seminario permite identificar como converge lo teórico conceptual y lo práctico; se considera significativamente mencionar que este es el gran aporte al modo como los estudiantes comprenden su ejercicio investigativo del seminario en el discurso conceptual y práctico de los encuentros de clases de investigación que se pautan en especialización y maestría.

En una primera instancia la posibilidad de que la autora siga en proceso de formación es una ventaja para mejorar las habilidades de la enseñanza de la investigación cualitativa, por lo que se logra apropiarse la importancia del peso de la teoría en los procesos investigativos; entendiendo los procesos de investigación cuantitativa que se dan generalmente de lo deductivo y los procesos cualitativos desde lo inductivo, esto explicado claramente en [2], y como desde el ejercicio de la práctica, se configura una teoría que surge desde las voces de los actores o sujetos incluidos en los procesos investigativos cualitativos.

En un segundo momento se realiza la configuración del concepto de paradigmas y enfoques, donde lo cualitativo busca lo comparativo, descriptivo, lo analítico y crítico [5] (Figura 4). Teniendo estas claridades sobre la ruta conceptual y secuencial del seminario para aprender a investigar cualitativamente en la especialización y la maestría, lo que permite a los participantes del mismo apropiarse en un tercer momento: comprender cognitivamente los métodos cualitativos de mayor uso, como lo son: la fenomenología, etnometodología, hermenéutica, investigación acción, en donde los actores son los principales protagonistas de la fundamentación teórica aportada durante y finalizando el proceso investigativo; donde no es necesario cumplir los pasos de una secuencia estricta como en lo cuantitativo, sino donde la flexibilidad pueda ser la oportunidad de la emergencia de nuevas formas de pensar y solucionar fenómenos conflictuados en las comunidades o grupos de personas en las diferentes disciplinas del conocimiento, permiten la transdisciplinariedad para el crecimiento de los sujetos en estudio.

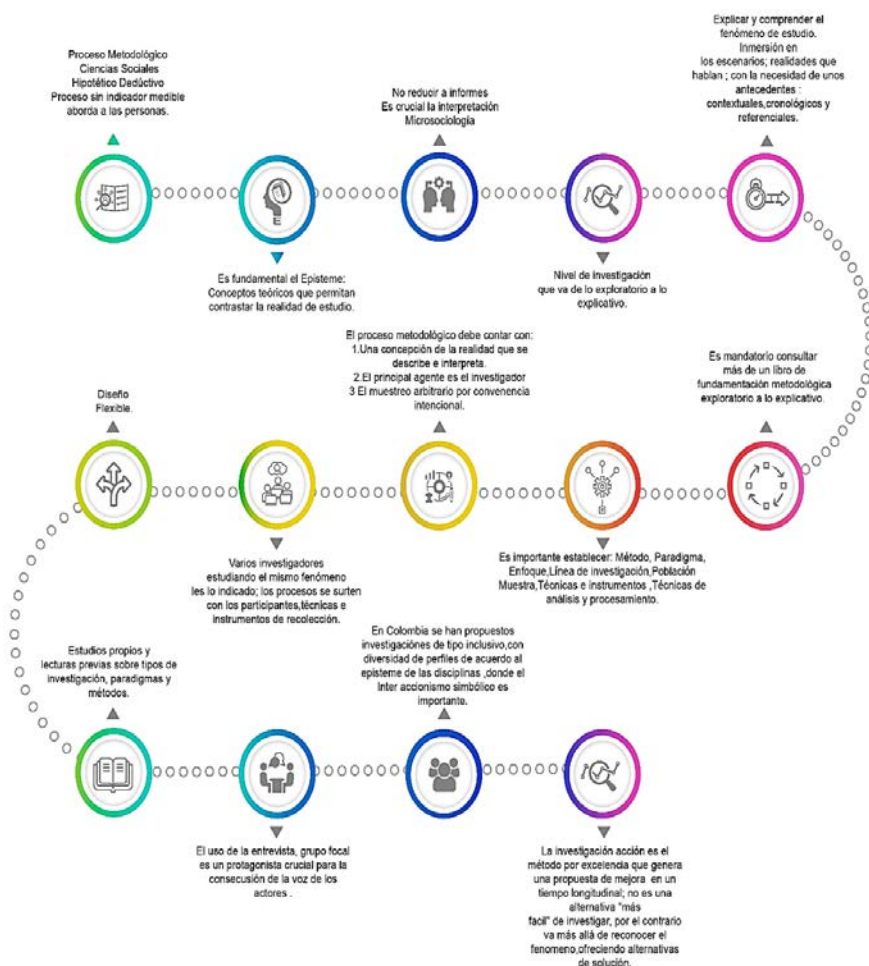


Figura 4. Principios de la Investigación cualitativa [4]



Finalmente, un cuarto momento para la enseñanza de esa investigación cualitativa para integrar estos conocimientos previos en una configuración mental más completa y no necesariamente alimentada con solo la experiencia, si no con la revisión de antecedentes conceptuales propios de los métodos cualitativos, exigencia de una revisión exhaustiva para que la investigación se convierta en un proceso riguroso y respetuoso de una comunidad científica que solicita soluciones a muchos dilemas de las múltiples disciplinas existentes.

### 3.2 Política curricular Unitec

En esta Institución la autora orienta la especialización en los últimos dos años; son cuatro periodos de revisión o cuatro semestres lectivos: 2021 II, 2022 I y II, y 2023 I. Debido a que es fundamental, a la hora de socializar la enseñanza de la investigación cualitativa, conocer de primera mano las orientaciones o lineamientos curriculares de las instituciones donde se imparten los seminarios, a continuación, se mencionan los principios de esta institución. *El currículo se determina como un proceso de enseñanza-aprendizaje en la formación de una persona donde se conjugan los principios, criterios y metodologías asociadas a los planes de estudio de los programas permeando las dimensiones de la formación integral: ética, la espiritual, la cognitiva, la afectiva, comunicativa, la estética, la forma corporal y la sociopolítica [7].*

Una vez el profesor conoce el lineamiento institucional, lo articula o lo converge con la secuencia didáctica a impartir. Para [7], *la propuesta cuenta con los siguientes atributos: centrada en el estudiante, contextualizada y pertinente y responsabilidad social y ambiental empoderada*, lo que ha resultado exitoso, porque cerca del 95% de los estudiantes logran graduarse en los tiempos estipulados.

De la misma manera, los cursos de Institución que se orientaron en el semestre I y II de 2022 fueron cuatro de 30 estudiantes; seminario de investigación 2, denominados bajo el código 112 y por letras alfabéticas de la A la F, y los grupos con números de 1 a 6, los cuales totalizaron 42 propuestas investigativas de las que 33 fueron publicadas en capítulos de libro y ponencias que serán publicadas en 2023; cabe resaltar que el producto de este curso de investigación es la entrega de un proyecto de grado que tiene relacionadas las siguientes partes constitutivas:

- Introducción
- Título
- Objetivo General- Específico
- Planteamiento del problema
- Marco teórico
- Estado de Arte
- Diseño Metodológico
- Resultados
- Discusión

## 4. CONCLUSIONES

Bajo este esquema el estudiante tiene un insumo claro para la elaboración de un artículo posterior; los temas más frecuentemente desarrollados son : riesgos físicos, eléctricos, biológicos, sicosociales, públicos, ergonómicos, como también enfermedades asociadas al trabajo durante 2022 se desarrollaron 42 trabajos de investigación y se hizo capítulo de libro de 33 de ellos con ponencias meritorias en muchos casos 10 de ellas, en donde los jurados destacaron los excelentes trabajos realizados por los estudiantes, de la especialización en las diferentes regiones del país y garantizando la resolución de un problema específico en instituciones educativas o de diferentes sectores productivos. Todo lo anterior dentro del marco de las políticas curriculares de [7] bases sustentadas: *al modelo, método y la comunidad en Unitec son el amor, diálogo, pensamiento crítico y de autonomía [7].*

Citando a [7], *el amor, diálogo, pensamiento crítico y autonomía definido de la siguiente manera: el amor definido como la voluntad de realizar acciones para propiciar nuestro propio crecimiento o el de otros a nuestro alrededor. El diálogo entendido como intercambio amable de la información, organizado o informal, entre profesores y estudiantes, entre los mismos estudiantes y otros profesores. De otro lado, el pensamiento crítico como proceso intelectual disciplinado que, de manera activa y habilidosa, conceptualiza, aplica, analiza, y sintetiza o evalúa información, generada a través de*

la observación, la experiencia, la reflexión, el raciocinio, la comunicación con el fin de guiar creencias y la acción [7]. Finalmente, la autonomía, no como individualismo si no capacidad de autodeterminación, de autorregulación de toma de decisiones y de actuar sin depender de otros [7].

Los anteriores son principios curriculares establecidos por la institución y que no se pueden desconocer a la hora de pautar las enseñanzas y encontrar una sintonía curricular coherente con los fines institucionales de cada institución de educación superior donde como profesores se realice el desempeño académico. A continuación, se relacionan algunos trabajos publicados en Teinco [8] (Figura 5):

1. Identificación de factores de riesgos biomecánicos a los que están expuestos los operarios de Maranta Uniformes, de Montelíbano.
2. Análisis de los factores de riesgos ergonómicos en los conductores de la empresa Conducir Ltda., en el Municipio de Santa María.
3. Diagnóstico de riesgos psicosociales intralaborales en conductores de la empresa Coomotor Ltda, para los servicios Navette, Navette XL y Navette G7, en La ciudad de Neiva.
4. Medidas de prevención del peligro mecánico en las empresas pymes del sector de aglomerados.
5. Identificación del riesgo en el sistema visual de los trabajadores de las empresas Conhydra S.A., IPS Óptica Áncar SAS y Algrafher SAS.
6. Análisis del manejo de residuos aprovechables con la asociación Aso Ambiental, en el municipio de Tenjo y su impacto en la población en los periodos 2021-2022.
7. Análisis del riesgo público en los trabajadores de ESE hospital San Lorenzo, del municipio de Supía.



**Figura 5.** Portada del libro donde se publicaron 13 trabajos de la especialización en 2022 [8]

De la misma manera, en segundo semestre de 2022 fueron asignados 42 trabajos de grado en tres cursos simultáneos y virtuales, de los cuales se publican 29 capítulos del libro (Figura 6):

1. Aplicación de medidas de prevención y protección contra caídas en el sector de la construcción.
2. Influencia de las pausas activas en la disminución del riesgo ergonómico.
3. Determinación del riesgo en el desempeño de trabajo en alturas en la empresa Codeet SAS de la ciudad de Pasto.
4. Factores de riesgo psicosocial y su relación con el estrés laboral en el personal de salud del hospital departamental San Juan de Dios, de puerto Carreño.
5. Propuesta de mitigación de factores de riesgo locativo en la empresa Impotarja S.A.

Para el primer semestre de 2023 se asignaron 55 trabajos de investigación y se organizó la publicación de un libro con 36 capítulos elaborados por los estudiantes dentro del marco del seminario de metodología de investigación 1 y 2 (Figura 7).

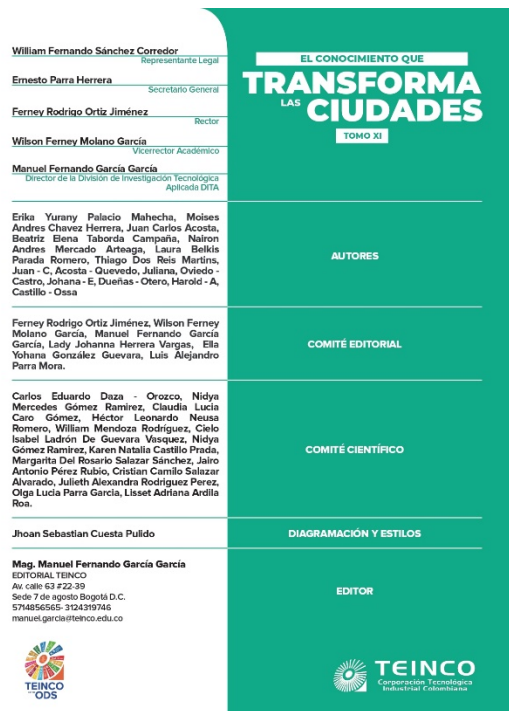


Figura 6. Contraportada Revista Teinco 2022-2023, donde se Publicaron artículos de la Especialización



Figura 7. Portada de la Revista donde publicaron trabajos los estudiantes en 2022

38 capítulos de libro, del primer semestre de 2023, se publicarán este año, los estudiantes recibieron carta de aprobación para graduarse en Julio de 2023, lo que será un plus para sus hojas de vida.

La metodología utilizada para el desarrollo de competencia científica e investigativa como la frecuencia de estudios de corte cualitativo en los cursos de metodología 1 y 2 de la especialización resultan muy eficaces cuando se sigue la ruta curricular establecida en los planes de curso, los encuentros sincrónicos semanales con los estudiantes, las tutorías personalizadas de con cada grupo de estudiantes lo que garantiza la publicación de artículo o capítulo de libro, claro está que la ruta está pautaada es de vital importancia el compromiso del profesor en ese acompañamiento su idoneidad y experiencia en el área que para este autor es de 20 años en el sector de la Seguridad y Salud en el trabajo.

De la misma manera en un periodo de dos años la autora de este texto ha dirigido cerca de 200 trabajos en un promedio de 40 a 50 trabajos por periodo, tarea bastante titánica teniendo en cuenta los tiempos de orientación de cada grupo, su ubicación geográfica en el país porque se recuerda que es un programa virtual nacional, de la misma manera los

cursos dirigidos en maestría también de manera virtual resultaron ser una experiencia maravillosa de los 4 trabajos de maestría orientados 3 ya se graduaron y sigue uno pendiente, lo que la metodología igualmente resultó ser exitosa.

Si bien es cierto de los 200 trabajos orientados solo tienen publicación 13 trabajos de 2021, 29 trabajos en 2022 y 38 trabajos en 2023, pero resulta ser un buen número de publicaciones, satisfacción para esta autora porque para medición Minciencias estos productos no tienen tanta valía como los de maestría y doctorado, pero son una satisfacción personal para la docencia y para estos especialistas que se gradúan de la especialización a realizar una labor importante en la sociedad.

La editorial Teinco fue la encargada de divulgar estos trabajos los estudiantes pagaban unos derechos editoriales y se revisaba su coherencia y pertinencia de trabajo de grado y participaban en evento internacional que se hace siempre a fin de años, dicha publicación certificaba la participación y con esta evidencia los estudiantes terminan su proceso investigativo en la especialización.

Finalmente, para 2023 la institución que fomentaba la escritura del artículo y el capítulo cierran la oportunidad de seguir orientando esta cátedra de esta manera y se establece el ensayo que es un escrito con menos rigurosidad y se cierra este espacio académico para la autora cerrando este ciclo de 2 años de producción con los estudiantes, pero sobre todo fomentando la escritura científica.

## REFERENCIAS

- [1] Álvarez J. y Jurgenson G. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. Paidós.
- [2] Verd J. M. y Lozares C. (2016). *Introducción a la investigación cualitativa: Fases, métodos y técnicas*. Síntesis.
- [3] Laura A. et al. (2015). *Aspectos metodológicos – Investigación educativa abriendo puerta al conocimiento*. Alfa.
- [4] Vélez D. (2022). *Periplo de la investigación cualitativa*. Recuperado: <https://www.youtube.com/watch?v=1HlmsuB4K2Y>
- [5] Vélez D. (2014). *Perspectiva epistemológica para la investigación educativa. Aspectos fundamentales, teóricos y metodológicos*. Éxodo.
- [6] Vélez D. (2022). *La fundamentación epistemológica en los enfoques de la investigación social*. Revista Ecos 6.
- [7] Unitec. (2023). Recuperado: <https://www.unitec.edu.co/sites/default/files/inline-files/politica-curricular-2021.pdf>
- [8] Teinco. (2023). Recuperado: <https://teinco.edu.co/libros-de-investigacion1/>

# Proceso de diseño de un elemento pedagógico para enseñar proyecciones ortogonales a estudiantes de ingeniería

Enrique Carlos Ordoñez Villareal<sup>1</sup>

Vera Judith Santiago Martínez<sup>2</sup>

*Universidad Libre, Colombia*

Podemos agrupar las opiniones de diversos autores y afirmar que la inteligencia espacial es la capacidad de percibir con precisión e interpretar información del espacio que nos rodea, pero, pese a formar parte de la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner, actualmente no se le da la importancia necesaria en los procesos de formación de algunas instituciones de Barranquilla, Colombia. Con la implementación del test Minnesota Paper Form Board, Spatial Relation y Packing Block Test, se demostró que existe una correlación entre la visión espacial y el éxito laboral en profesiones asociadas a talleres de metalmecánica y similares [4], por lo que podría decirse que el dominio de la habilidad espacial es una aptitud importante en la formación ingenieril. Sin embargo, en América Latina se presentan bajos niveles de desarrollo de la misma, incluso en etapas avanzadas de formación en ingeniería. El propósito de esta investigación es entender las necesidades y retos de los profesores de Barranquilla al momento de enseñar asignaturas asociadas al dibujo técnico en ingeniería, para diseñar un dispositivo que ayude a solucionar las necesidades identificadas.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial. Contacto: [enriquec-ordonezv@unilibre.edu.co](mailto:enriquec-ordonezv@unilibre.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera Industrial y Doctora en Emprendimiento y desarrollo empresarial. Contacto: [veraj.santiagom@unilibre.edu.co](mailto:veraj.santiagom@unilibre.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

En el siglo XVIII el matemático e ingeniero francés Gaspard Monge (1746–1818) desarrolló un sistema para la descripción gráfica de objetos sólidos, usando dos planos de proyección en ángulo recto. Este sistema se denomina geometría descriptiva y permite la representación gráfica de objetos en forma exacta y sin ambigüedades, que reciben el nombre de proyecciones ortográficas [1].

Hasta el día de hoy la enseñanza de las proyecciones ortográficas, conocidas como proyecciones ortogonales, son un principio básico en las clases de ingeniería. Son también uno de los primeros pasos para iniciar a un estudiante en el dibujo técnico que no es más que la aplicación avanzada de los principios que el ingeniero Monge inventó siglos atrás.

Sin embargo, la forma de enseñar las proyecciones ha cambiado notablemente. En la actualidad se dispone de avances tecnológicos y computacionales como los softwares Computer Aided Design CAD, que potencializan la enseñanza de esta materia. Estas herramientas implementadas en las aulas de clases como estrategias pedagógicas generan excelentes resultados en cuanto al desempeño general de los estudiantes, pero con inconsistencias al revisar el proceso en detalle. Por ejemplo, [2] considera que este tipo de herramientas son muy útiles en las etapas avanzadas de desarrollo de habilidades espaciales pero que, asimismo, pueden ser no adecuadas en las etapas iniciales de los procesos formativos, pues sugiere que se requiere un mínimo de capacitación para su uso y que no desarrollar conceptos previos en el estudiante solo logrará que no se desarrolle correctamente la habilidad espacial y se oculte el paupérrimo desarrollo con las herramientas CAD.

En esta investigación se desarrolló un dispositivo para apoyar la enseñanza de las vistas ortogonales y este dispositivo fue probado con estudiantes en una clase de dibujo en ingeniería. El dispositivo tiene como propósito afianzar los conceptos básicos de ubicación en el espacio por método de cambio de posiciones para proyectar vistas ortogonales, y con ello solidificar las bases del dibujo en ingeniería para que el estudiante pueda enfrentarse a etapas avanzadas de la materia, entre ellas, el uso de CAD.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 La inteligencia espacial y su papel en los estudios de ingeniería

Según [1], la inteligencia espacial describe la capacidad de visualizar espacialmente el entorno y conseguir transformaciones a partir de estas percepciones. En [3] la definen como la capacidad de percibir con precisión las relaciones visuales-espaciales, de transformar estas percepciones, y de recrear algunos aspectos de la experiencia visual sin la presencia de los estímulos correspondientes. Otros autores, como [9], la describen como la habilidad de analizar un objeto en un espacio tridimensional y sacar conclusiones a partir de información limitada.

En [4] demostraron, con la implementación del test Minnesota paper form board, spatial relation y packing block test, que existe una correlación entre la visión espacial y el éxito laboral en profesiones asociadas a talleres de metalmecánica y similares. El desarrollo de la habilidad espacial está ligado con el ambiente educativo en que se desenvuelve el individuo, sobre todo en las primeras etapas de la infancia. El modelo básico educativo convencional generalmente hace énfasis sobre la estimulación de las habilidades cinético-corporales, musicales, lógico-matemáticas y lingüísticas. Las habilidades espaciales no son aplicadas de manera temprana sobre los niños y adolescentes, dejándose generalmente en un segundo plano [5].

[6] plantea que en Perú no se ha dado la importancia necesaria a la evaluación y desarrollo de la capacidad espacial ni en la educación básica ni en la superior. De esta forma, las universidades están recibiendo estudiantes de ingeniería con muy variadas capacidades espaciales debido a la falta de evaluación de estas en los procesos de admisión. [6] plantea que, dado el porcentaje alto de estudiantes con capacidad espacial muy baja (19%), condición que se repite en la mayoría de las carreras de ingeniería en el Perú, se recomienda investigar entrenamientos directos, específicos y de corta duración que, según [7], tienen un efecto mucho mayor en el desarrollo de la capacidad espacial.

En 2008, el Departamento de registro y control en la Universidad Pontificia Bolivariana UPB, Colombia, encontró que el porcentaje de pérdida y deserción en la materia geometría descriptiva se duplicó en un periodo de 5 años [1]. Por lo que se decidió implementar una encuesta a los estudiantes de dicha asignatura para entender su percepción sobre el proceso de enseñanza tradicional y si esta ayudaba a explicar los porcentajes de deserción de la UPB. Revisando los resultados se destaca que el 53% de los estudiantes percibía que las metodologías de enseñanzas usadas por los profesores eran monótonas (20%), que no generaban interés (15%) o no veían la aplicabilidad de estas (18%). La investigación sugiere que deberían explorarse alternativas de metodologías que ayuden a motivar, dinamizar, aprender y apropiarse el conocimiento relacionado a la geometría descriptiva.

Tras la revisión de la literatura se encontró que autores como [10] desarrollaron juegos inmersivos de realidad virtual para entrenar la capacidad espacial. Sin embargo, esas estrategias llegan a ser costosa y requerir de tecnología que en el Contexto de las instituciones de Latinoamérica no siempre es posible.

En la búsqueda de estrategias más viables de implementar, en [5] se desarrollaron talleres prácticos utilizando diferentes métodos de enseñanza para generar proyecciones ortográficas. Los métodos usados fueron: manipulación de sólidos 3D, tallar sólidos con Jabón, talleres teóricos, ejercicios de vistas en papel, manipulación de isométricos en realidad aumentada y la implementación de softwares especializados. Estos talleres se realizaron a varios grupos de estudiantes aplicando un método a cada grupo y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 1.

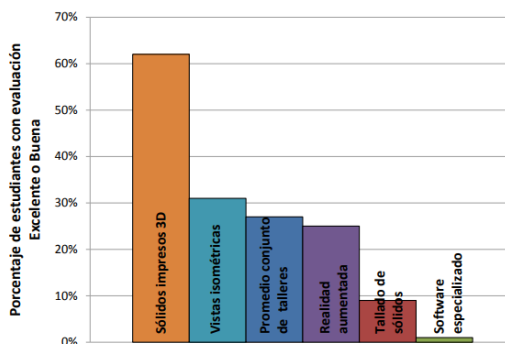


Figura 1. Resultados por grupos de estudiantes y métodos [5]

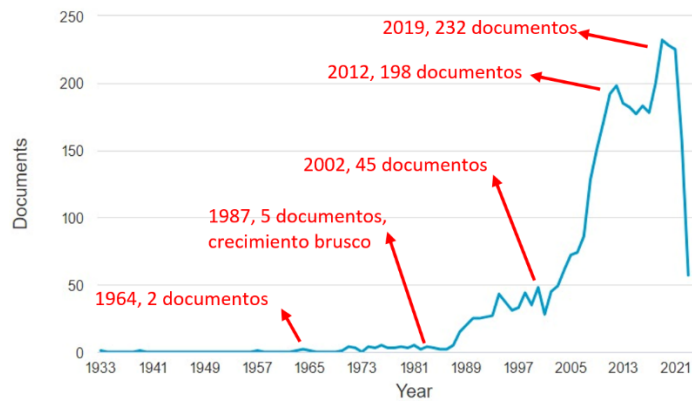
El grupo con mayor porcentaje de estudiantes con una nota excelente o buena corresponde al que trabajó con sólidos físicos impresos en 3D. Los resultados sugieren que la eficiencia para determinar las proyecciones ortográficas aumenta considerablemente por la interacción con un objeto real. La naturaleza de la interacción y la vinculación del sentido del tacto, potencia los resultados.

En [3] se demostró que, cuando se habla de potenciar procesos pedagógicos, se debe entender cómo funcionan los procesos de aprendizaje haciendo la distinción entre dos tipos de enseñanza: la enseñanza pasiva y la enseñanza activa. La enseñanza pasiva logra tener niveles de retención inferiores al 50%, mientras que la enseñanza activa obtiene niveles superiores al 70%. Una forma de aplicar lo expresado anteriormente es promover el aprendizaje activo mediante un dispositivo que potencie el aprendizaje del estudiante al simplificar los conceptos abstractos mediante una interacción activa.

## 2.2 El estudio de la inteligencia espacial en los últimos años

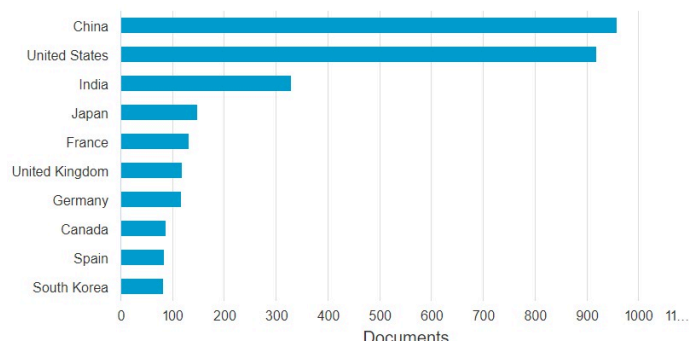
La actividad de producción de bibliografía indexada referente a la inteligencia espacial inicia alrededor de 1971, siendo mínima y muy fluctuante hasta 1987. A partir de 2002 y durante los próximos 20 años se generó una mayor y una creciente tendencia en la producción bibliográfica de este campo, como se observa en la Figura 2. El crecimiento es tal que en los últimos 20 años del periodo analizado se produce mayor cantidad de artículos que en todo el periodo anterior. Esto sugiere que el tema es de interés para los investigadores y científico, que nuevos desarrollos surgirán a partir de este hito, se están divulgando nuevos conocimientos para apoyar y fortalecer la innovación en el campo y otras tecnologías ya se encuentran en desarrollo en esta área. En 2019 se presentó el mayor pico de producción bibliográfica en este campo.





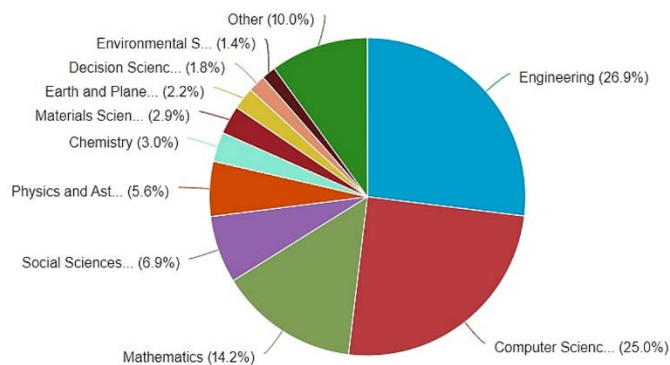
**Figura 2.** Histórico de producción bibliográfica por año en el campo de la inteligencia espacial y sub-campos asociados

El análisis de procedencia que brinda la plataforma Scopus de la producción bibliográfica indexada en este campo muestra que el alrededor de un 50% de las publicaciones viene de China y Estados Unidos. Otros países como Japón, Francia y Reino Unido presentan un nivel medio de producción con más de 100 publicación en este campo. El país que menos publica sobre este tema es Korea del Sur con de 81 publicaciones como muestra la Figura 3.



**Figura 3.** Procedencia de la producción bibliográfica en torno a la inteligencia espacial y sub-campos asociados

Al revisar los campos de aplicación se observa que más de la mitad de las investigaciones están enfocadas en ingeniería y ciencia de computación (Figura 4). Estos campos están frecuentemente asociados al desarrollo de software, academia de ingeniería, enseñanza de dibujo técnico y otras actividades que involucran activamente la inteligencia espacial.



**Figura 4.** Campos de aplicación de la producción bibliográfica en torno a la inteligencia espacial y sub-campos asociados

Mediante un diagrama de redes de producción de artículos indexados en Scopus, se realizó un análisis bibliométrico de los relacionados con la inteligencia espacial en las facultades de ingeniería. Los resultados de la Figura 5 muestran que las investigaciones en el campo de geometría descriptiva tienen una relación directa con las proyecciones y visualizaciones de objetos en el espacio. Muestra también que las mismas investigaciones se orientan mayormente al entendimiento y la enseñanza de métodos gráficos con software como herramientas pedagógicas para enseñar la asignatura. No existe suficiente presencia de palabras

clave asociadas a métodos, dispositivos o estrategias alternativas a los softwares para enseñar esta asignatura, lo que sugiere una incipiente presencia de estos tópicos en investigaciones terminadas indexadas respecto a estos temas.

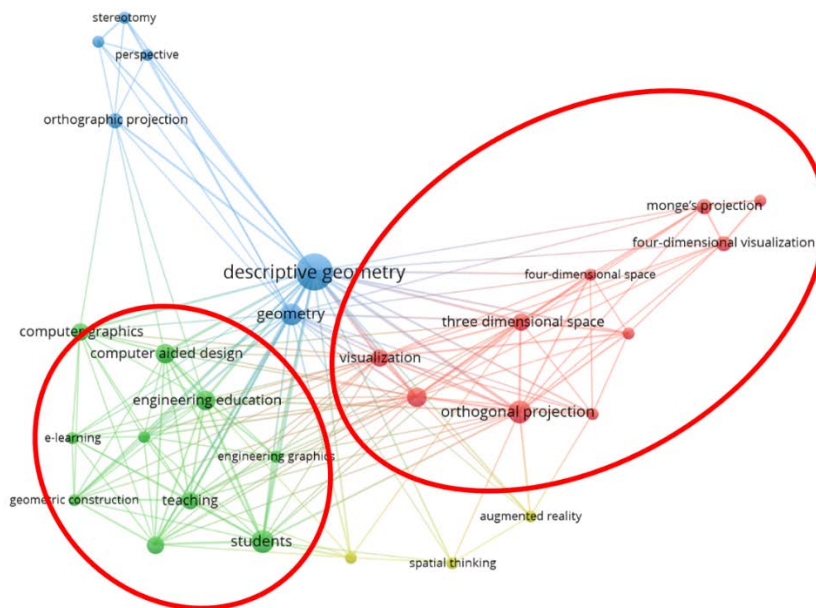


Figura 5. Diagrama de redes de información bibliométrica

### 3. MÉTODO

En esta investigación se utilizó la metodología Design Thinking para crear un dispositivo pedagógico. Esta metodología tiene cinco etapas a lo largo de las cuales se fue desarrollando el proceso investigativo y creativo:

1. Etapa 1 – *Empatizar*. En esta etapa se buscó entender a los profesores de áreas de ingeniería respecto a las dificultades que enfrentan en el proceso pedagógico en el dibujo en ingeniería. El método utilizado para empatizar fue realizar entrevistas a cuatro profesores de asignaturas relacionadas al uso de la inteligencia espacial en la ingeniería en instituciones universitarias de educación superior en Barranquilla. Se utilizó un instrumento guía que ayudaba a identificar y priorizar las áreas de dificultad, así como las soluciones actuales que los profesores implementan.
2. Etapa 2 – *Definir*. En esta etapa se hace necesario definir la necesidad que requiera una solución urgente y prioritaria para los profesores en el dibujo en ingeniería. A partir de los resultados se define que la solución debe estar enfocada a la enseñanza de las vistas ortogonales.
3. Etapa 3 – *Idear*. En esta etapa el propósito es generar un concepto de la solución lo suficientemente claro para validarlo antes de invertir recursos en su materialización. Utilizando técnicas de ideación se generaron 2 propuestas conceptuales con potenciales características que son el punto de partida para posteriormente realizar un proceso de prototipado.
4. Etapa 4 – *Prototipar*. En esta etapa se tomaron las propuestas conceptuales y se realizó un proceso de prototipado rápido con métodos de manufactura aditiva (Impresión 3D) y manufactura sustractiva (Corte laser) de manera iterativa que generó diferentes versiones del dispositivo hasta obtener su versión final.
5. Etapa 5 – *Testear*. En esta etapa se validó la funcionalidad del dispositivo en un entorno operacional, llevándose a un aula de clases de estudiantes de ingeniería, donde 29 estudiantes desarrollaron ejercicios a mano alzada en papel, y luego con ayuda del dispositivo. El profesor de la institución evaluó los resultados del estudiante en cada ejercicio y se generó un *feedback* general sobre el desempeño en ambas situaciones. Posteriormente los estudiantes completaron una encuesta para conocer su experiencia de uso del dispositivo e identificar aspectos de mejora.

#### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las entrevistas realizadas a los profesores para empatizar con ellos y conocer mejor las áreas y retos priorizados en su enseñanza de las asignaturas asociadas a la inteligencia espacial arrojaron los siguientes resultados:

- Los profesores entrevistados mencionaron que muchos de los estudiantes tienen dificultades para realizar cálculos con fracciones o comprender el principio de un despeje matemático o una regla de tres simple. Mencionan que la calidad de la educación previa (primaria y secundaria) en el área matemática principalmente que demuestran los estudiantes es baja. Esta situación es más notoria en aquellos estudiantes que son de estratos socioeconómicos bajos.
- Un primer reto priorizado que identifican los profesores en su práctica es el de subsanar las deficiencias de los estudiantes de nuevo ingreso. En las instituciones se han creado espacios complementarios como tutorías o refuerzos para enseñar o reforzar cierto conocimiento previo en áreas de matemática básica.
- Por consecuencia de lo anterior, los profesores se enfrentan a grupos nuevos de estudiantes de ingeniería con bajos niveles de razonamiento espacial y estas falencias afectan su proceso de educación superior.
- Cuando se les preguntó a los profesores sobre los factores que hacían que se optimizara la comprensión de conceptos abstractos la mayoría mencionaron que utilizar ejemplos reales y que el estudiante interactuara con un objeto físico. Consideran esto tan importante que muchos suelen emplear estrategias artesanales para enseñar estos conceptos, desde armar cubos de cartón con proyecciones dibujadas en cada cara, objetos con plastilina, tomar fotos con el celular desde diferentes ángulos, plegar dibujos y otras maneras, algunas de ellas improvisadas con el fin de lograr el aprendizaje y la comprensión de conceptos abstractos.
- Los profesores consideran que algunos fundamentos de geometría descriptiva como las proyecciones ortogonales no se logran comprender y apropiar completamente por parte de los estudiantes. También consideran que mediante el uso de los softwares CAD los estudiantes ocultan las deficiencias que tienen de estos fundamentos.
- Este es el segundo reto prioritario en el que coinciden los profesores donde hacen palpable la necesidad de tener disponibles recursos físicos que permitan desarrollar un mejor aprendizaje de las proyecciones ortográficas previo al uso del software.
- Como resultado final de la interpretación de la información obtenida en la fase de empatía se definió que el desarrollo sería para generar una solución a este último reto, solución que debe cumplir con las siguientes características:
  1. Que sea dinámica, prácticas y sencilla.
  2. Que permita la enseñanza activa.
  3. Que involucre otros sentidos, especialmente el sentido del tacto.
  4. Que sea en 3 dimensiones.
  5. Que sea rápida de implementar.

Para llegar a obtener la solución hacia el reto o situación definida y que además ésta cumpliera con las características requeridas se inició un proceso de ideación en el cual se logró el diseño de dos prototipos conceptuales no funcionales de un dispositivo para proyectar vistas ortogonales. El primero de ellos respondía más un modelo tipo vitrina o cámara de observación y presentaba limitaciones en su practicidad. El segundo era más sencillo y su simpleza no favorecía el uso didáctico.

La representación de cada concepto en físico mediante prototipado rápido permitió evaluar a fondo el cumplimiento de las características establecidas e inclusive favoreció la identificación de nuevas

características de diseño que permitieran llegar a una versión unificada integrando los dos primeros modelos conceptuales.

Un tercer diseño de un dispositivo unificado se generó utilizando una versión libre de un software CAD y posteriormente se construyó combinando impresión 3D y corte laser de sus piezas. Un proceso iterativo de rediseño, análisis y mejoras se llevó a cabo a partir del primer modelo el cual transitó por 5 versiones para llegar a una que cumpliera con todas las características y su propósito funcional. En cada una de las iteraciones se realizaban modificaciones de dimensiones, ubicación de partes, sistemas de plegados, orientación de piezas, entre otros.

El producto final de la investigación fue un dispositivo cúbico tipo contenedor junto con un grupo de piezas isométricas que encajan en su interior y que son impresas en 3D. Este kit de dispositivo y piezas permite una dinámica práctica y sencilla ya que el estudiante puede pintar sobre él cada vista de la pieza sobre la superficie correspondiente utilizando un elemento común como un marcador. De esta forma favorece el aprendizaje activo e involucra los sentidos del tacto y vista y adicionalmente las figuras son ubicadas y retiradas por el mismo estudiante de forma rápida haciendo su uso fácil de implementar.

El kit diseñado se testeó con 29 estudiantes pertenecientes a dos grupos de clases de dos instituciones diferentes. Se llevó a cabo un experimento en donde el grupo sujeto de estudio debía resolver un conjunto de 6 ejercicios de proyecciones ortográficas frontal, lateral y de planta de figuras ilustradas en un papel y en este mismo con lápiz y a mano alzada el estudiante debía dibujar las vistas. Al terminar esta primera parte el mismo grupo realizaba el mismo ejercicio, es decir, las mismas proyecciones de las mismas piezas, pero esta vez usando el Kit.

El primer hallazgo destacable es con relación al tiempo, los estudiantes tardan aproximadamente 7 veces menos tiempo en completar el test utilizando el Kit en comparación al tiempo que tardan desarrollando el ejercicio a mano alzada. En cuanto al aprendizaje, comparando el resultado con el kit versus el del ejercicio en papel, se observó que con el kit disminuye de manera abrupta con tendencia a cero la cantidad de estudiantes que realizan de manera errónea un ejercicio.

Las pruebas se realizaron bajo la supervisión del profesor de la asignatura que analizó los resultados individuales de ambos ejercicios, además del desarrollo de la actividad y quien al finalizar generó una retroalimentación del desempeño de los grupos en ambas condiciones.

Los profesores manifestaron que la interacción del estudiante con el dispositivo lo involucra más en el proceso, al punto de ver emoción y diversión durante el test, hallazgos que manifestaron nunca ver en la clase a esa intensidad.

Se destaca que 2 sujetos de prueba no fueron capaces de realizar de manera correcta el ejercicio durante el método en papel a mano alzada, los profesores identificaron que ambos casos corresponden a estudiantes que típicamente no entienden en clase, no participan o no ponen esfuerzo en esta. Este tipo de estudiante es el que suele desertar en la asignatura. No obstante, al realizar la experiencia con el kit, el resultado de dichos estudiantes fue completamente diferente, lograron comprender los conceptos y realizaron la actividad de manera excelente el ejercicio utilizando el dispositivo, al punto de obtener calificaciones de 4,15 sobre 5, y 5 sobre 5 respectivamente.

Al terminar el experimento los estudiantes sujetos de estudio diligenciaban una encuesta para conocer su experiencia de usuario. En dicha encuesta se les pidió evaluar la facilidad de uso del kit de 1 a 10 y se obtuvo una respuesta promedio de 9,15.

Como se puede observar en la Figura 6, la mayoría de los encuestados (94%) expresó que el Kit ofrece ventajas al momento de calcular las proyecciones ortográficas. El 45% le dio el más alto nivel: *Extremadamente útil*, y el 49% lo señala como *Muy útil*. Se ratificó la percepción de utilidad del kit al observar que el 91% de los encuestados manifestó que volvería a utilizar el Kit para calcular las proyecciones ortográficas en sus clases (Figura 7).

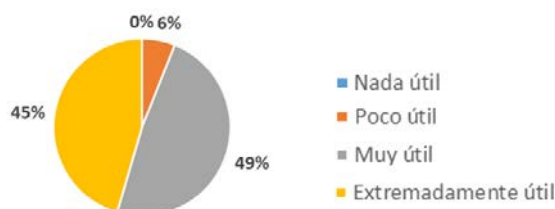


Figura 6. Percepción de utilidad del Kit por parte de los sujetos de prueba

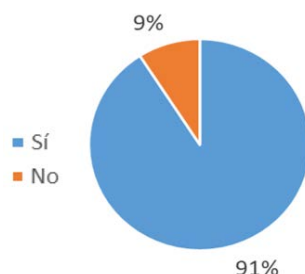


Figura 7. Respuestas a la pregunta: ¿Volvería a utilizar el kit para proyectar vistas ortográficas?

Se destaca que más de la mitad de los encuestados, 64%, manifestó que preferiría utilizar el Kit más que dibujar a mano alzada o modelado con software de CAD, como se observa en la Figura 8.



Figura 8. Preferencias de los estudiantes para determinar las proyecciones ortográficas

Cuando se les pidió a los 29 sujetos de prueba que indicaran las ventajas identificadas en el uso del kit, de manera reiterada se encontraron respuestas asociadas a:

- El kit hace más dinámico el proceso y menos aburrido.
- Es más dinámico el proceso de generar las proyecciones ortogonales.
- Mucho más fácil entender y apropiarse el concepto de *vistas ortogonales*.
- Más rápido para la proyección de las vistas.
- Muy intuitivo.
- Comodidad al disponer del objeto en físico para proyectar las vistas.
- La acción de no tener que imaginar las figuras hace más fácil el proceso.

La validación también involucró que se identificaran aspectos de mejora que llevan a establecer que debe reevaluarse el método de ensamble del dispositivo actual de manera que brinde una mejor estabilidad. También se obtuvo como sugerencia el incorporarle rotulación en las caras para mejorar la comprensión de la ubicación de las piezas según las instrucciones.

## 5. CONCLUSIONES

Los bajos e irregulares niveles de inteligencia con los que un estudiante ingresa a la universidad son preocupantes en la ciudad de Barranquilla. Las medidas tomadas actualmente por profesores de este campo son paliativos temporales de un problema más complejo, se requieren soluciones de base que ayuden a igualar los niveles de inteligencia espacial y que apoyen a enseñar los fundamentos de la geometría descriptiva como lo son el cálculo de las proyecciones ortogonales las proyecciones ortogonales.

El dispositivo que resultó del proceso de Design Thinking reúne las características de la mayoría de las soluciones artesanales que los profesores manifestaron aplicar en sus clases. El resultado compactó,

articuló y formalizó en un dispositivo bien construido un cúmulo de observaciones e intentos informales de dar solución a un problema.

Es aquí donde la metodología Design Thinking y sus principios básicos de observación en la fase de empatía cobran un valor importante. Trabajando desde la óptica de un sujeto que vive el problema día a día, profesores, y dando entonces una solución práctica desde su misma óptica.

El proceso de prototipado rápido como herramienta de desarrollo generó resultados sólidos en corto tiempo al enfrentar iterativamente los prototipos a pruebas en entornos controlados y reestructurar el dispositivo en base a los resultados.

En cuanto a la comparación con potenciales patentes competidoras la invención desarrollada se diferencia de la media al no requerir un software integrado para su operación. También se destaca que no se adapta a diferentes formatos de uso, pero no pretende hacerlo. El foco de la invención es únicamente generar proyecciones ortogonales, aumentando la comprensión por parte del estudiante del principio espacial de como una figura tridimensional se convierte en una proyección bidimensional.

La invención destaca también del resto por su bajo costos, junto con la mitad de las invenciones esta se categoriza dentro de las que incluyen el sentido del tacto en el proceso y como se ha demostrado [8] los métodos de estudio de este campo que incluyen el sentido del tacto ayudan a apropiar y entender mejor el proceso y acelerar el proceso de aprendizaje.

Los altos niveles de aceptación del dispositivo por parte de estudiantes son un indicador de la eficiencia de este. Sin embargo, dada la limitación del dispositivo los profesores recomiendan su uso dirigido enseñar el fundamento. El desarrollo solo funcionar para realizar las proyecciones ortogonales de una figura irregular y dejando por fuera operaciones como la proyección de un corte de una figura o proyecciones de vistas no ortogonales.

Puntualmente, recomiendan utilizarlo en la fase inicial del curso, como introducción, como elemento para explicar los conceptos teóricos y como guía para que los estudiantes puedan entender conceptos abstractos, traerlos a un ejemplo práctico y objetivo; y apropiar los fundamentos antes de entrar a utilizar CAD y ver tópicos más complejos de la materia.

Mencionaron que si el dispositivo iguala las condiciones de entendimiento de las bases ayuda, en parte, a subsanar las deficiencias y dejar a los estudiantes a enfrentar el resto del curso.

Se tiene la intención de proteger la propiedad intelectual del dispositivo diseñado, por ello no se revelan planos, imágenes o detalles de este que alteren el estado de la técnica en futuros proceso de protección de propiedad intelectual.

La validación del dispositivo a mayor escala, el descubrimiento de nuevas aplicaciones en el campo, la aplicación de mejoras del diseño, la estructuración de procesos de manufactura y optimización de costos son aspectos que considerar en futuras investigaciones que ayuden a continuar cerrando las brechas en cuanto niveles de inteligencia espacial en estudiantes de nuevo ingreso a las universidades colombianas.

## REFERENCIAS

- [1] Argüello J. (2013). Desarrollo de la inteligencia espacial a partir de la utilización de software CAD en la enseñanza de la geometría descriptiva. *Revista de Educación en Ingeniería* 8(15), 38-47.
- [2] Sorby S. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education* 31(3), 459-480.
- [3] Tristáncho J. et al. (2019). Desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería mediante CAD especializado. *Scientia Et Technica* 24(1), 57-66.
- [4] Saorín J. et al. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *Teoría y métodos educativos* 84(9), 721-732.
- [5] Tristáncho J. et al. (2014). Evaluación de técnicas tradicionales y TIC para el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial. *Revista virtual Universidad Católica del Norte* 43, 34-50.
- [6] Gómez H. (2019). Impacto de la enseñanza de la geometría descriptiva usando archivos 3D-PDF como entrenamiento de la habilidad espacial de estudiantes de ingeniería civil en el Perú. *Formación Universitaria* 12(43), 73-82.
- [7] Veurink N. y Sorby S. (2017). Longitudinal study of the impact of requiring training for students with initially weak spatial skills. *European Journal of Engineering Education* 42(2), 153- 163.
- [8] Calvo P. (2017). Modelo de interacción entre el dibujo y las actividades sensomotrices (MIDAS): Fomentando la inteligencia espacial. *Innovaciones educativas* 1(26), 50-64.
- [9] Aspanani A. et al. (2013). The relationship between visual memory and spatial intelligence with students' academic achievement in anatomy. *BMC medical education*.
- [10] Fernández J. (2021). Towards the development of immersive virtual reality games for spatial skill training. En *Congress of the Spanish Society for Video Game Sciences*.

# Fortalecimiento de habilidades en la capacitación de formadores-asesores: Una experiencia culinaria

Sulma Paola Vera-Monroy<sup>1</sup>

Fernando Fernández-Romero<sup>2</sup>

Francy Milena Linares-Vanegas<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Universidad de La Sabana

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Colombia

El presente capítulo se ubica en el campo de la formación de adultos y el fortalecimiento de su práctica pedagógica, y tiene como objetivo reconocer las habilidades que emergen en los profesores y asesores cuando se les propone un reto que implica poner en práctica sus estrategias de trabajo para elaborar una pizza. La metodología se centra en el desarrollo de dos estrategias de entrega (de la pizza) con 25 mujeres profesionales vinculadas laboralmente a la Universidad de La Sabana, Colombia. Estas estrategias fueron planificadas en el mismo escenario formativo, pero con enfoques diferentes. Se encontraron relaciones entre el conocimiento y dominio de tema que demostraron los capacitadores, con la motivación, la empatía y la paciencia que manifestaron durante la entrega, además de relacionarse con el bienestar, la gestión del estrés y la creatividad, que las participantes reconocieron como habilidades potenciadas en ellas. Se concluye que estas estrategias favorecen la formación de formadores y asesores desde la motivación, la orientación al logro y el trabajo en equipo; lo cual tiene incidencia directa en la formación de estudiantes.

---

<sup>1</sup> Química, Magíster en Biología Aplicada y Doctora en Educación. Contacto: [sulmavemo@unisabana.edu.co](mailto:sulmavemo@unisabana.edu.co)

<sup>2</sup> Magíster en Docencia de las Ciencias Naturales y Doctor en Educación. Contacto: [jffernandezr@udistrital.edu.co](mailto:jffernandezr@udistrital.edu.co); [dejaiifer@hotmail.com](mailto:dejaiifer@hotmail.com)

<sup>3</sup> Magíster en Tecnología ambiental. Contacto: [francyliwa@unisabana.edu.co](mailto:francyliwa@unisabana.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

El campo de la formación de profesores ha sido una de las preocupaciones que han empezado a emerger en los contextos de los siglos XX y XXI; con ello, el profesor ha tomado protagonismo desde las reflexiones que aportan sus prácticas y cómo éstas influyen en la formación de estudiantes [1]. Por lo tanto, se considera un proceso continuo que apunta a consolidar las habilidades de los educadores y asesores a partir de sus conocimientos y perspectivas. Todo ello, se convierte en una estrategia que les permita educar a sus estudiantes con habilidades que requiere el mundo actual.

Cada vez más hay mayor preocupación por estudiar el pensamiento del profesorado, sus contextos y las contribuciones que impactan a las comunidades donde laboran; por lo tanto, se hace necesario establecer nuevos ejes de formación en donde se tengan en cuenta habilidades para crear, innovar y fortalecer los lazos comunicativos [2] y formativos con los estudiantes; y la mejor forma de lograrlo, es invitar al profesorado y a los asesores a hacer parte de estrategias de aprendizaje en donde se ponga de manifiesto reflexiones que asocien la forma como se pueden desarrollar competencias en los estudiantes; es decir, reconocer que, desde la experiencia puedan formarse para transformar.

Este trabajo pretende divulgar una experiencia culinaria a partir de la identificación de la percepción que tuvieron algunos adultos para reconocer las habilidades que surgen en la formación de profesores y asesores a partir de la elaboración de una pizza; para ello, se requiere evidenciar y fortalecer las capacidades de las personas para asumir situaciones que les reta a aplicar sus habilidades y estrategias de trabajo.

En la actividad participaron algunos profesores y asesores que laboran en la Universidad de La Sabana, ubicada en el municipio de Chía, Colombia. Desde allí, emergen reflexiones que apuntan a reconocer las habilidades blandas de la población participante, asimismo, se identifican algunas tensiones e ideas que puedan aparecer en la formación de adultos; las cuales, favorecen o limitan el desarrollo de competencias; por lo tanto, se hace necesario reflexionar en el campo de la formación de profesores y asesores como acción que contribuye en el quehacer pedagógico y laboral.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Habilidades blandas

Un proceso formativo debe ser un conglomerado de acciones y estrategias que, no solo deben estar direccionadas a la consolidación de conocimientos, sino que deben propender por el desarrollo de habilidades sociales, las cuales se convierte en la mejor oportunidad de responder con suficiencia y experticia a los retos que la sociedad impone. Por lo tanto, es importante poner en consideración que los formadores de estos nuevos profesionales deben poseer las mismas competencias para poder promover en los estudiantes el logro de los propósitos de formación y alcanzar la integralidad. Al respecto [3] consideran que los profesores o formadores requieren habilidades relacionadas con las TIC a través de las cuales se pueden promover competencias profesionales. De otro lado, [4] afirman que los formadores deben poseer tres tipos de competencias: pedagógicas, investigativas y transversales, estas últimas se enmarcan en las características sociales enfocadas en la comunicación, la convivencia y la planificación.

Tener en cuenta las habilidades blandas de los formadores requiere de reflexiones que propicien espacios donde se sientan libres y les permitan manifestar todas esas acciones que están cargadas de experiencias, visiones de mundo, construcciones de conocimientos y enfoques particulares de vida, las cuales favorecen la aplicación de habilidades blandas o emocionales. Algunas veces, en la formación de profesores, dichas habilidades no son tenidas en cuenta ya que se le da más peso al conocimiento y su forma de enseñar; no obstante, estas (las habilidades blandas) contribuyen de manera significativa a la eficacia de los formadores cuando generan interacciones con los estudiantes y con sus mismos colegas generando así, un aprendizaje mutuo y enriquecedor.

Entre las habilidades que se deben reconocer en el campo de la formación de formadores y asesores, se encuentra la comunicación efectiva, la empatía y conexión con el otro, el liderazgo y la motivación, la

creatividad y capacidad de adaptación, el trabajo en equipo y, la autoconciencia y el desarrollo. Todas estas habilidades aportan significativamente a la calidad de la enseñanza y a la creación de relaciones positivas y significativas entre el profesor y el estudiante.

Sin embargo, muchas personas aún no tienen claro cuáles son sus habilidades y cómo, a través de ellas, pueden contribuir a la formación de otros individuos. Esto supone un limitante que los direcciona a sentirse desmotivados en sus contribuciones y no les permite avanzar en las metas que se han trazado como individuos y colectivos. Por lo tanto, muchas de las actividades para formar profesores requieren de reflexiones que les permita renovar sus ideas y adaptarse a los nuevos cambios.

## 2.2 Formación de adultos

La sociedad del conocimiento cada vez permite establecer nuevos campos de formación de personas; y con ello, cerrar brechas educativas que, por muchos años, se han fomentado debido a desigualdades, escasas oportunidades, marginación, violación de derechos e insensibilidad. Es por ello, que la educación en adultos se convierte en un campo necesario para el desarrollo personal, profesional y social. No obstante, se han creado falsos mitos; por ejemplo, que cuánto más mayores son las personas menos aprenden. Lo cual desvirtúa el quehacer de dicha población; esto, afecta la contratación, la educación y la ampliación de campos de desarrollo de los adultos.

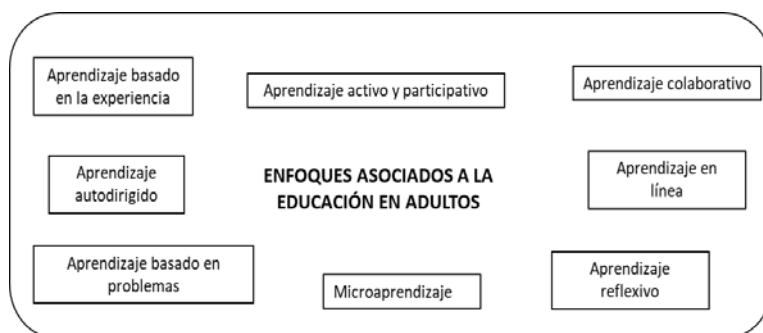
Después de la pandemia del Covid-19 se registró en Latinoamérica un incremento notorio en la pobreza extrema de las comunidades; esto, aportó a la situación actual escenarios de aumento de empleos temporales en donde los derechos laborales fueron escasos o nulos [5]. Lo anterior, se convirtió en un llamado para la comunidad académica con el fin de generar escenarios de formación que favoreciera las reflexiones asociadas a la reducción de la pobreza y la reivindicación de los derechos en la población adulta. Por lo tanto, se aportaron discusiones encaminadas a la continuación de estudios, la ampliación de campos laborales y la determinación de nuevas estrategias de enseñanza que favorecieran los conocimientos situados. Lo cual contribuía a la ampliación de los mercados laborales y la creación de nuevos campos de desarrollo personal y profesional para estas personas que, en su momento, habían perdido la esperanza de empleabilidad.

Lo anterior, conforma un conglomerado de situaciones que permiten valorar la formación de las personas adultas (empleadas y desempleadas) y proporciona un contexto de las situaciones que se presentan en diversos escenarios; por lo cual, se convierte en una oportunidad para plantear nuevas formas de aprendizaje. Esto incluye retos y desafíos que apuntan a desdibujar los prototipos que se han generado en la sociedad actual y aporta reflexiones al interior de las organizaciones para que reconozcan el potencial humano, la experiencia y el compromiso de las personas. Además, se convierte en la posibilidad de establecer nuevos caminos de formación, en donde los protagonistas (adultos) adquieren habilidades que les aporte satisfacción y sentido a su vida personal, laboral y académica.

La educación en personas adultas suele tener enfoques de aprendizaje más situados, en donde se ajusta a las características y las experiencias de vida, los cuales les permiten reconocer sus visiones de mundo, la recopilación de saberes que han estructurado a lo largo de su vida y establecer relaciones más complejas con los conocimientos ya existentes. En algunos casos, se hace más difícil desaprender [6]; por lo tanto, emergen cuestionamientos acerca de por qué es importante generar procesos de aprendizaje y desaprendizaje a lo largo de la vida. Poe [7] reconoce que los arraigos emocionales los cuales pueden estar vinculados a experiencias específicas, creencias o valores personales hace más complejo que las personas puedan cambiar dichas conexiones; lo cual, en algún momento se puede volver desafiante.

Por lo tanto, muchos de los enfoques están asociados al aprendizaje basado en la experiencia [8], aprendizaje activo participativo [9], aprendizaje colaborativo [10], aprendizaje auto-dirigido [11], aprendizaje basado en problemas [12, 13], entre otros. Dichos enfoques reconocen las necesidades y preferencias específicas de la población y se convierten en una herramienta para reconocer las habilidades y destrezas que tienen los aprendices en el momento de enfrentarse a una experiencia que nutra su sistema de ideas o, por el contrario, rompa los esquemas en los que ha ubicado su conocimiento y le permita construir enfoques propios generando reconciliaciones con sus sistemas y estructuras previamente establecidas.

Aunque en los enfoques mostrados en la Figura 1 tienen bases epistemológicas bastantes claras y diversas, muchas veces, en los procesos de enseñanza y aprendizaje, se generan combinaciones de los mismos en donde resultan experiencias satisfactorias desde el aula; esto demuestra que dichos enfoques no son estructuras rígidas que deben ser sometidas en la práctica de manera única; por el contrario, el éxito de las experiencias de aula que asocia el trabajo con población adulta, se hace al encontrar y enriquecer dichas metodologías con la experiencia que surge al interior del aula. Además, se convierte en una herramienta que motiva el aprendizaje, favorece el cambio de ideas y estimula a la población a seguir descubriendo y construyendo conocimientos cada vez más situados.



**Figura 1.** Enfoques asociados a la formación de adultos

Sin embargo, dichos enfoques también han planteado desafíos y oportunidades que se hacen visibles desde la educación en adultos como ejes de reflexión y mejoramiento. Esto, se ha identificado a raíz de los diversos trabajos, en donde se evidencian problemáticas que están asociadas a este tipo de formación; de hecho, gracias a estas percepciones han emergido, en la actualidad, nuevos enfoques que permiten la combinación de dichas metodologías y aportan a la formación de individuos (en el presente trabajo del profesorado), para replantear sus prácticas y generar mayor confianza interior, lo cual, redundando en sus productos humanos, en la mejora de habilidades y en el acceso a nuevas fuentes de conocimiento.

Los desafíos que pueden identificarse asocian temáticas como la carga laboral y familiar que tiene esta población, la cual limitan su disponibilidad de tiempo para dedicar a su formación; por lo tanto, brindar tiempo a su trabajo, su familia, su vida social y sus estudios, requiere de conciliaciones y preparaciones mentales que pueden ser desafiantes. Por otro lado, se evidencia una fuerte barrera económica que se asocia a los altos costos de la educación para adultos; esto hace que, quienes se han puesto como meta cualificarse, puedan tener altos índices de desmotivación. Además, se encuentra que, en muchos adultos, la falta de confianza y autoestima es un factor determinante para su cualificación; lo cual conlleva a desarrollar inseguridades en el aprendizaje; o, al compararse con otras personas pueden concluir que su potencial es limitado respecto al de los demás. En muchos otros casos, las experiencias negativas en el campo educativo de los adultos es un factor determinante para motivarlos o no a continuar con su proceso de formación.

En cuanto a temas asociados a los desarrollos tecnológicos, muchos de los adultos consideran que aún no están preparados para enfrentar una educación mediada por las Tecnologías de la Información y la Comunicación; además, se considera un factor limitante en aspectos como: la poca formación para el manejo de dispositivos y programas que favorecen el aprendizaje, conexión a redes de internet sólidas que les permita acceder a dichos niveles de formación desde cualquier lugar y a cualquier hora; y, desconocimiento de programas de formación en línea. No obstante, gracias a la pandemia Covid-19 aumentaron los programas de educación continua en las instituciones de educación superior y con ello, nuevas posibilidades de participación en esta modalidad de formación que puede favorecer a muchas personas aportando ejes que les permiten actualizar sus conocimientos, aprender nuevas habilidades y enfrentar nuevos desafíos y retos que aportan a sus entornos profesionales y laborales.

Actualmente, las investigaciones que asocian las problemáticas de formación y educación en adultos han brindado ejes de conocimiento que permiten identificar en las metodologías mencionadas anteriormente, un consolidado de estrategias que, cada vez más, van cerrando las brechas que han aparecido por muchos años; por lo tanto, dichos aportes amplían la mirada de este tipo de formación y brinda nuevas formas de enfrentar las problemáticas que asocian la formación de adultos. Al respecto, Branco y Pinto(14) reconocen

la importancia de divulgar las estrategias que permiten consolidar metodologías aplicadas a la educación en adultos, donde las mediaciones tecnológicas son esenciales para enfrentar las problemáticas y desafíos que se presentan en el siglo actual.

### 2.3 Formación para la vida

Encontrar sentido de la vida hoy (en el contexto histórico después de una pandemia) es tan importante porque todo ser humano necesita, en palabras de Arquímedes, *un punto de apoyo para mover el mundo*; es decir, el sentido de vida es el motor para cambiar desde adentro. Por lo tanto, una juventud con propósito y sentido de vida genera una sociedad esperanzadora y optimista, porque cuando se lucha y se alcanza, se resta importancia al sufrimiento y a los sacrificios para lograr lo que se pretende. Si se tiene el sentido de la vida y las intenciones bien encaminadas se pueden alcanzar metas, hacer realidad los ideales de las personas, las comunidades y los países.

No obstante, hay investigaciones que muestran problemáticas para establecer sentidos desde la formación [15]; y con ello, el reconocimiento de las situaciones que se pueden determinar como punto de apoyo para la formación en la vida. Por lo tanto, desde la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Sabana, se propicia el reconocimiento del sentido de vida; lo cual, aporta significativamente a la formación de individuos que reconozcan en su quehacer una búsqueda de significado para contribuir a la sociedad desde las metas personales. El papel de los formadores en todo este proceso es fundamental ya que son ellos quienes generan una influencia directa o indirecta y proporcionan herramientas, conocimientos y perspectivas para explorar y reflexionar sobre el propio del sentido de vida.

Es importante reconocer que lo que se ha brindado a los estudiantes, conectado con la historia de vida de los formadores, se convierte en elementos que aportan herramientas para reflexionar y aprovechar todas las circunstancias, convirtiéndolas en oportunidades de mejora continua de todo su ser. Por lo tanto, vida es todo lo que conlleva un proceso, por lo que formación para la vida es aceptar y afrontar para transformar y sacar las ventajas de esa situación. Ese sobreponerse solo puede ser capaz de darse cuando se encuentran los dos panoramas enfrentados: expectativa y realidad. Lo que naturalmente decanta en crisis. Es mejor tener crisis que no planear, que no soñar que no vivir.

Existen casos exitosos de personas resilientes que consecuentemente viven bien, gracias a su sentido de vida colmado de reflexión -el ser humano es el único ser vivo capaz de hacerlo- y sus objetivos comunitarios altos, comprometiéndolos en alcanzarlos. Para conseguir esos objetivos no se limitan a seguir las reglas contribuyendo económica y socialmente a la buena sociedad, sino que son jóvenes ciudadanos concedores que reflexionan críticamente también acerca de ella [16].

Existen casos no tan exitosos, y hasta de pérdida del sentido de vida, en donde la reflexión no tuvo principios ni puntos de apoyo morales que permitieran el desarrollo de la misión única e irrepetible de esa persona, por lo que, en ese estado de brecha, no estuvieron acompañadas de conversaciones difíciles especialmente del empoderamiento de la propia vida. Se puede afirmar que las conversaciones difíciles son tan necesarias que al eludir las se pierde en autoconocimiento y claridad en la misión de vida, pero, al enfrentarlas repetidamente genera esperanza de construir nuevos significados que den sentido a la incertidumbre y al cambio [17], conjuntamente se va formando el carácter y la personalidad con los propósitos a corto y largo plazo.

En otras palabras, las personas, y los formadores específicamente, necesitan reflexionar con preguntas profundas acerca del verdadero sentido de triunfar en la vida. Diferenciar el *buen vivir a vivir bien* contemplado también dentro de una sociedad. En los estudiantes se debe cultivar la perspectiva sapiencial y preguntar acerca de ¿qué es el hombre? y ¿cuál es su fin? [18].

Lograr ser resiliente, vivir bien y alcanzar la misión es un proceso personal, donde *la universidad no debe ofrecer respuestas enlatadas o pre-cocidas, sino dedicarse a sembrar inquietudes* [18]. Como institución, La Universidad de la Sabana, procura que cada estudiante pueda aprender y aportar con sus talentos, habilidades, fortalezas, destrezas, conocimientos a la sociedad. Adicional a la academia, investigación y

proyectos realizados por diferentes dependencias, se incluyen otras estrategias para alcanzarlo como lo es la Asesoría académica personalizada y la formación de formadores. De esta manera, puede llegar a comprender personas, transformar realidades, disolver problemáticas e impactar comunidades.

Como analogía, preparar cualquier receta lleva tácito no solo el seguir procedimientos, ingredientes y cantidades adecuadas para que quede sabrosa, sino también, antropológicamente hablando, la cocina se convierte en un laboratorio de química donde se adquieren funciones ejecutivas, hábitos intelectuales, virtudes en la voluntad y habilidades blandas [19, 20].

## 2.4 Formación de formadores

La formación es un aspecto vital y constante de las personas para que su vida se llene de sentido. Como concepto (la formación) es interpretado desde varias perspectivas, se reconoce como formación integral aquella relacionada con la ética y se basa en la manera en que cada sujeto se relaciona consigo mismo y con los otros, lo que implica su concepción sobre la moral, la participación y su comportamiento en la sociedad como una toma de decisión [21]. Lo cual, está ligado a la profesión de los sujetos, la toma de decisiones y el respaldo que le da desde su conocimiento a solventar las situaciones que se presentan en la cotidianidad [6].

Por otro lado, se retoma el enfoque *bildung* [22-24], el cual se centra en el campo de la antropología pedagógica y aporta ideas asociadas al carácter formable y trascendente del hombre, siendo un concepto diferente de la formación y la educación [25], donde el actuar del hombre debe tener un ideal centrado en diversos campos ontológicos, sociológicos y epistemológicos. Desde allí, se construye lo real, desencadenado de lo abstracto, lo concreto; y, de lo imaginario y figurativo, lo formativo. Este enfoque educativo, que tiene sus bases epistemológicas en la educación alemana, se configura en un referente para la formación de educadores del presente siglo ya que no solo se preocupa por la adquisición de conocimientos y habilidades, sino que le apunta a un proceso integral de desarrollo personal, social y cultural que tiene como resultado la formación de ciudadanos autónomos con herramientas para explorar su interior y el mundo que lo rodea.

De lo anterior, se deduce que la *bildung*, como plenitud de la vida humana, se refleja en la formación continua (especialmente en los formadores), haciendo del hombre un ser siempre en potencia y en acto [25]; además, al introducir este enfoque en la formación de formadores, se relacionan temáticas como el desarrollo de la personalidad, el incremento en la autonomía y la autodeterminación, la reflexión propia y la autoconciencia, el interés por la formación cultural y humanística, el desarrollo de la ética y el enfoque en la participación social; todo ello, aporta al campo de la formación de profesores en ejes que van más allá de la transmisión de conocimientos; sino que reconoce en este enfoque que los formadores deben desarrollar habilidades que contribuyan al bienestar de sus estudiantes; y con ello, les favorezca el desarrollo de actos que aportan autonomía, reflexiones y sensibilidad cultural [26].

La Universidad de la Sabana, le ha apostado a la formación de todo su personal; con ello, apunta a contribuir en la vinculación de personas idóneas, y, además, ofrecerles los medios para su continua formación; por lo tanto, en esta experiencia se incluyen perfiles como personal administrativo, asesores externos, directivos y profesores, los cuales ven en dicha formación estrategias para su crecimiento personal y laboral. Lo anterior, se convierte en un reto para todos, en donde se deben asumir posturas que incluyen los desafíos de comprensión del otro y la forma de soñar un cambio social y un impacto positivo en el país. Es por ello que, se debe reconocer que, la esperanza supone un futuro mejor, siempre y cuando el ser humano se haga mejor y se perfeccione, o sea, en la medida en que cada uno crezca en el cumplimiento de la misión o el encargo recibido [27].

La profesión de formar lleva a formarse, no solo en el enfoque académico, también en las diferentes dimensiones de la persona y en las etapas de la vida, para que, con la experiencia, no bajen los ánimos de seguir aprendiendo y alcanzando objetivos loables. Un ejemplo menos abstracto de los cambios está en la cocina, el modelo es la imagen del plato, los medios son la receta con sus ingredientes y el desafío está en prepararlo. Y por esto se puede afirmar que un taller de cocina es una metodología exitosa de ejemplificar todas las competencias y virtudes a poner en práctica para realizar un *proyecto* de transformación. La meta está en la foto del recetario y la formación se va dando en la preparación de la receta. En la brecha está el

desafío, y el desafío genera inquietud, y la inquietud el impulso y el impulso la acción y las acciones los cambios. Si se quiere un resultado diferente no se pueden hacer las cosas iguales. Por ello la *bildung* propone, motiva, genera un bien y alcanza una misión.

## 2.5 Asesoría académica

El rol del asesor académico es arraigar esos ideales y proyectos de vida de una persona para que, con el tiempo de carrera de una persona, los acompañe y se siga hasta que alcance, porque no se logra todo en la vida universitaria, el sentido de su vida y su misión con sus propias decisiones.

Es importante saber que del camino que lleva a alcanzar el propósito de vida se debe entrelazar con el sentido de vida que lo acompaña, por lo que la búsqueda de la coherencia entre lo que se piensa, se dice y se hace debe estar tan consciente que le lleve a la ejecución. En este sentido, Cadavid siguiendo la doctrina de Leonardo Polo afirma que: "el ser personal es un núcleo de luz de sentido trascendental activo y amante, es decir, un coacto de ser de carácter radical, cognoscente, abierto, libre, y capaz de aceptar y otorgar sentido, incluso de realizar su ofrecimiento [28].

En la Universidad de la Sabana la asesoría académica personalizada es una función de identidad institucional, como afirma su misión en el Proyecto Educativo Institucional PEI: *promueve el respeto a la dignidad trascendente de la persona humana y, en un ambiente de libertad responsable, propicia el perfeccionamiento integral de todos los miembros de la comunidad universitaria, con una atención personalizada y un ejercicio académico creativo, riguroso e interdisciplinario.*

La juventud necesita ser escuchada uno a uno, no en masa, porque como únicos e irrepetibles no podemos generalizar estructuras personales, porque ni siquiera en una misma familia con mismos apellidos, se puede pensar lo mismo porque cada uno tiene rol diferente.

Por lo anterior, la única estrategia que se mantiene para todos los asesores en la Universidad es el *don sincero de sí*[29], expresión que lleva al asesor a un crecimiento constante y mutuo con sus asesorados. Para los asesores académicos de la Universidad cada persona es un proyecto de vida en potencia que se va construyendo día a día, analógicamente con la costura el rector de La Sabana compara esta labor con la costura: se cosen sueños, se bordan historias, se aprenden puntadas, se desatan nudos, se ajusta la tensión, se deshacen los errores y se vuelve a empezar.

Paralelamente, también se puede equiparar a las actividades de la cocina: se desempacan los ingredientes, se retira lo inapropiado, se disuelven los grumos, se pone a temperatura adecuada, se amasa con precaución y amor, se remoja, revuelve si es necesario, se mira y se sigue constantemente la receta, se compara con el resultado, se observa constantemente por si necesita más o menos temperatura y se sirve para servir. Se puede afirmar que la asesoría académica es analógica a las experiencias culinarias porque se ejercen de manera personalizada y se prepara un proyecto de vida mediante el ejercicio de virtudes, hábitos intelectuales, competencias socio-afectivas y habilidades blandas que reclama la sociedad en el siglo XXI.

## 3. MÉTODO

### 3.1 Diseño y población

El propósito de este estudio fue identificar la percepción que tienen algunas personas adultas (formadoras y asesoras) para identificar las habilidades que se ponen en juego cuando se realiza un proceso formativo; en este caso, la elaboración de una pizza. Para ello, se retoman diferentes materias primas hasta alcanzar un producto deseado, sirviendo como un símil, respecto al proceso de formación en la educación superior y el papel que cada una de los formadores y asesores tienen en cuanto a ayudar a que los estudiantes se transformen, hasta convertirse en el resultado esperado, los profesionales del futuro.

En el estudio participaron 25 mujeres profesionales, vinculadas laboralmente a La Universidad de La Sabana, Institución de Educación Superior colombiana, de diferentes roles pero con la función en común de ser

asesoras académicas; la categorización por género se realizó debido a que el escenario formativo fue construido dentro de una actividad institucional en la que se invita a funcionarios hombres y mujeres, en diferentes momentos a participar de actividades formativas, de cultura institucional y de crecimiento personal y profesional. La investigación se ubica en el campo de aprendizaje para adultos, en la que se planteó un diseño cuasi experimental exploratorio de tipo transversal.

### 3.2 Perfil de los capacitadores

- *Capacitador A.* Ingeniero Electrónico con especialización en Gerencia para el desarrollo organizacional egresado de la Universidad de Cundinamarca con diplomado en “La primera infancia vista de lo regional y lo planetario en el mundo contemporáneo” , 7 años de experiencia en el ámbito educativo (1 año como profesor de matemáticas en bachillerato y 7 como profesor en Educación superior en herramientas de Informática y mantenimiento) y 19 años de experiencia en el área de panadería (16 en el sector de la panificación y 3 en la hotelería).
- *Capacitador B.* Profesional en Gastronomía y culinaria de la Fundación Universitaria del Área Andina con diplomado de administración de restaurantes. Ocho años de labor en el ámbito gastronómico de ellos seis son de labor en restaurantes, casinos industriales y dos años en la docencia.

### 3.3 Procedimiento e instrumentos

La metodología se centró en desarrollar dos estrategias de entrega planificadas en el mismo escenario formativo, pero con enfoques diferentes. Al finalizar, los participantes habrán adquirido las habilidades necesarias para planificar, preparar y hornear pizzas caseras de manera exitosa, aplicando técnicas básicas de cocina y siguiendo un proceso guiado por un capacitador.

### 3.4 Tipos de entrega

- *Estructurada – Capacitador A.* La entrega se realizó desde el saber, centrado en los conocimientos relacionados con la experiencia culinaria, el capacitador se encargó de guiar la práctica de una manera estructurada, proporcionando indicaciones claras que se desarrollaron paso a paso, hasta consolidar el producto final, una pizza con las características definidas previamente en el diseño de la estrategia.
- *Emocional – Capacitador B.* La entrega se realizó a partir de las emociones, entrada en las vivencias, la experiencia culinaria fue una excusa para que a través de auto-reflexión y conciencia se lograra desarrollar el producto final, una pizza con las características definidas por cada una de las participantes.

### 3.5 Instrumento

La percepción sobre las habilidades que se potenciaron en las participantes, al implementar la experiencia formativa y las habilidades que identificaron en los capacitadores (Tabla 1), se evaluaron usando una encuesta diseñada en torno a las características reportadas como habilidades desarrolladas en los procesos formativos. El instrumento reporto un alfa de Cronbach igual a 0,759, lo que sugiere que es fiable y las preguntas son consistentes con lo que se está indagando.

**Tabla 1.** Categorización de las habilidades, potenciadas en las participantes y las identificadas en los capacitadores

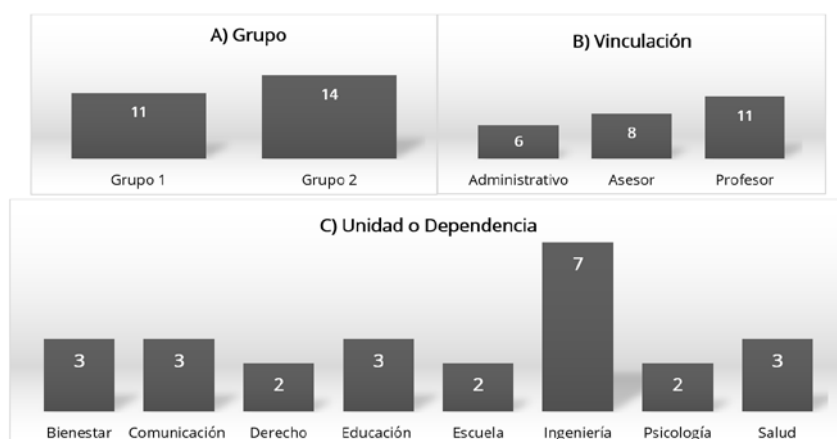
Habilidad	Tipo
Organización, planificación y orden	Capacitador
Conocimiento y dominio del tema	Capacitador
Motivación y entusiasmo	Capacitador
Empatía y comprensión	Capacitador
Paciencia y tolerancia	Capacitador
Flexibilidad y adaptabilidad	Capacitador
Acompañamiento y accesibilidad	Capacitador

Trabajo en equipo	Participante
Comunicación	Participante
Participación	Participante
Bienestar	Participante
Gestión del estrés	Participante
Creatividad	Participante
Aplicabilidad de la experiencia	Participante

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Caracterización de la población

En la Figura 2 se muestra la distribución de los participantes en los dos grupos de trabajo (A), conformados aleatoriamente resultando en una separación con un 44 y 66% de participantes, respectivamente. De otro lado, se evidencia que la población estuvo distribuida en: profesoras (44%), 32% asesoras y el 24% restante administrativas. Con respecto a esta clasificación la población profesoras corresponde a profesionales que se dedican a enseñar, vinculadas a la institución como profesoras de carrera o profesoras de docencia planta, que, además, asumen el rol de asesoras de estudiantes de primera matrícula de las unidades académicas a las que están vinculadas. De otro lado, las asesoras son profesionales externas a la institución, vinculadas como la figura catedrática, que acompañan a las estudiantes en sus procesos durante todo el semestre. Finalmente, las administrativas son profesionales vinculadas a la institución, pero tienen dentro de sus funciones la asesoría académica.



**Figura 2.** Caracterización de los participantes: A. Grupo en el que desarrollaron la experiencia formativa, B. Tipo de Vinculación, y C. Unidad a la que pertenece

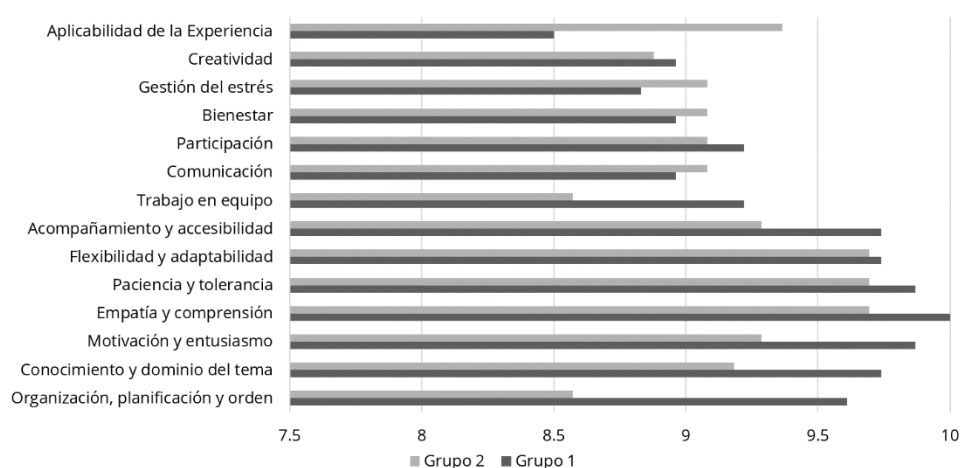
Las participantes provenían de diferentes unidades de la institución, en donde la Facultad de Ingeniería tuvo la mayor representación (28%), en relación con las demás que estuvieron entre 8% y 12%. Vale la pena aclarar que en la Universidad de La Sabana hay 6 programas ofertados por la facultad; esto representa una cantidad grande de estudiantes y, por ende, de asesoras académicas.

### 4.2 Percepción de las participantes

La Figura 3 muestra la valoración que otorgaron las participantes al desarrollo de habilidades durante la sesión formativa y a las habilidades que presentó el capacitador durante la entrega, en donde se evidencia que hay diferencia entre los dos grupos, es decir, hay diferencia en cuanto al tipo de estrategia desarrollada, así: la estrategia estructurada, guiada por el capacitador A (grupo 1), presentó mayores valoraciones en el acompañamiento, la motivación, el dominio del tema, el trabajo en equipo y la organización. Habilidad que presenta la mayor diferencia respecto del grupo 2.

Por el contrario, la estrategia emotiva, orientada por el capacitador B presentó mayor valoración en gestión del estrés, bienestar y aplicabilidad de la experiencia con una gran diferencia respecto al otro grupo. Estos resultados muestran que la forma en la que se perciben los tipos de entrega formativa evoca diferentes habilidades, visto desde la percepción del personal formado.





**Figura 3.** Valoración de la percepción de las participantes sobre las habilidades que se desarrollaron al aplicar la experiencia

De otro lado, es de principal interés en este estudio identificar si la entrega relaciona algunas habilidades específicas o si la correspondencia es meramente subjetiva, para ello se realizaron pruebas estadísticas con el fin de identificar relaciones significativas, las cuales se describen más adelante.

### 4.3 Estadística

El primer análisis realizado fue establecer los estadísticos descriptivos de la percepción de las participantes respecto a las habilidades desarrolladas en cada entrega, en la Tabla 2 se relacionan estos valores.

**Tabla 2.** Valores descriptivos de las variables de percepción evaluadas – habilidades desarrolladas

Habilidad	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Organización, planificación y orden	4,3	10	9,024	1,53576
Conocimiento y dominio del tema	2,9	10	9,432	1,53615
Motivación y entusiasmo	4,3	10	9,544	1,28487
Empatía y comprensión	7,1	10	9,828	0,63346
Paciencia y tolerancia	7,1	10	9,772	0,67794
Flexibilidad y adaptabilidad	5,7	10	9,716	0,92181
Acompañamiento y accesibilidad	7,1	10	9,484	1,00941
Trabajo en equipo	4,3	10	8,856	1,93629
Comunicación	2,9	10	9,036	1,91439
Participación	2,9	10	9,144	1,97317
Bienestar	4,3	10	9,028	1,92257
Gestión del estrés	4,3	10	8,968	1,82705
Creatividad	2,9	10	8,916	1,98655
Aplicabilidad de la experiencia	5	10	9,24	1,26754

Los resultados de los estadísticos muestran que todas las habilidades fueron valoradas con altos puntajes, por encima de 8,86, lo cual refuerza el papel relevante que tienen las estrategias activas de aprendizaje en los procesos formativos y su potencial sobre el desarrollo de habilidades para la vida. De otro lado, la desviación estándar se convierte en un indicador del impacto que tuvo la estrategia desarrollada sobre algunas habilidades principales, entendiendo que desviaciones bajas con puntajes altos representan habilidades que fueron muy importantes para la población de estudio.

### 4.4 Comparación de medias

El siguiente paso consistió en realizar una prueba de comparación de medias con el fin de evaluar si hubo diferencia significativa en la percepción que los grupos tuvieron respecto al desarrollo de las habilidades con la estrategia implementada. La Tabla 3 muestra que los p-valores de la prueba U de Mann-Whitney son mayores a 0,05, lo que indica que no hay diferencia en la percepción que las dos poblaciones tuvieron sobre el desarrollo de las habilidades, de manera que no importa el enfoque de la entrega, al parecer, lo que realmente marca la diferencia es la intención del proceso formativo, que, para este estudio, es el mismo.

**Tabla 3.** Prueba U de Mann-Whitney – p valor de las variables evaluadas

Habilidad	p-valor
Organización, planificación y orden	0,149
Conocimiento y dominio del tema	0,809
Motivación y entusiasmo	0,572
Empatía y comprensión	0,572
Paciencia y tolerancia	0,809
Flexibilidad y adaptabilidad	0,687
Acompañamiento y accesibilidad	0,572
Trabajo en equipo	0,373
Comunicación	0,851
Participación	0,893
Bienestar	0,851
Gestión del estrés	0,647
Creatividad	0,851
Aplicabilidad de la experiencia	0,647

#### 4.5 Correlaciones

Se realizó la prueba de correlación Rho de Spearman con el fin de evaluar si existían relaciones fuertes entre las diferentes habilidades que las participantes perciben que se fortalecieron en ellas y las que identificaron en los capacitadores. La Tabla 4 muestra que hay correlaciones fuertes, con un nivel de significancia de 0,001, entre la formación y la dependencia, lo cual se esperaba, teniendo en cuenta que el perfil formativo se alinea al profesional en respuesta de la ocupación o cargo que cada persona desarrolla. Por otro lado, se encontraron relaciones entre el conocimiento y dominio de tema que demostraron los capacitadores con la motivación, la empatía y la paciencia que manifestaron durante la entrega, además de relacionarse con el bienestar, la gestión del estrés y la creatividad que las participantes reconocieron como habilidades potenciadas en ellas; estas relaciones refuerzan la idea de que el conocimiento de una temática promueve el desarrollo de habilidades no solo cognitivas sino también sociales, tal como lo demostraron en [30].

**Tabla 4.** Prueba Rho de Spearman – coeficiente de correlación y p valor

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Coef.	1	,415*	-0,347	-,430*	-0,045	-0,223	-0,281	-0,154	-0,209
	p-valor	.	0,039	0,089	0,032	0,83	0,285	0,174	0,463	0,316
2	Coef.	,415*	1	0,091	-0,204	0,094	-0,103	0,108	0,167	-0,002
	p-valor	0,039	.	0,664	0,328	0,656	0,624	0,608	0,424	0,992
3	Coef.	-0,347	0,091	1	0,294	-0,146	0,195	0,211	0,069	0,231
	p-valor	0,089	0,664	.	0,154	0,485	0,351	0,311	0,742	0,266
4	Coef.	-,430*	-0,204	0,294	1	-0,347	-0,072	-0,184	-0,261	-0,089
	p-valor	0,032	0,328	0,154	.	0,089	0,732	0,379	0,207	0,672
5	Coef.	-0,045	0,094	-0,146	-0,347	1	0,312	,402*	,400*	0,251
	p-valor	0,83	0,656	0,485	0,089	.	0,129	0,046	0,048	0,225
6	Coef.	-0,223	-0,103	0,195	-0,072	0,312	1	,666**	,672**	,782**
	p-valor	0,285	0,624	0,351	0,732	0,129	.	0	0	0
7	Coef.	-0,281	0,108	0,211	-0,184	,402*	,666**	1	,735**	,573**
	p-valor	0,174	0,608	0,311	0,379	0,046	0	.	0	0,003
8	Coef.	-0,154	0,167	0,069	-0,261	,400*	,672**	,735**	1	,817**
	p-valor	0,463	0,424	0,742	0,207	0,048	0	0	.	0
9	Coef.	-0,209	-0,002	0,231	-0,089	0,251	,782**	,573**	,817**	1
	p-valor	0,316	0,992	0,266	0,672	0,225	0	0,003	0	.
10	Coef.	-0,209	0,156	,521**	0,149	0,194	,442*	0,215	,400*	,652**
	p-valor	0,316	0,458	0,008	0,479	0,353	0,027	0,303	0,048	0
11	Coef.	-0,224	-0,037	0,338	-0,164	,439*	,488*	,627**	,601**	,687**
	p-valor	0,282	0,862	0,098	0,432	0,028	0,013	0,001	0,001	0
12	Coef.	0,115	,437*	0,011	-0,23	0,159	0,099	0,164	0,366	0,231
	p-valor	0,583	0,029	0,957	0,27	0,446	0,639	0,434	0,072	0,266
13	Coef.	-0,056	0,365	0,246	-0,054	0,28	0,344	,429*	,466*	0,315
	p-valor	0,791	0,073	0,235	0,797	0,175	0,092	0,032	0,019	0,125
14	Coef.	-0,133	0,314	0,214	-0,04	0,099	,560**	,643**	,641**	,486*
	p-valor	0,526	0,127	0,305	0,85	0,638	0,004	0,001	0,001	0,014
15	Coef.	-0,316	0,011	,436*	0,06	0,025	,663**	,578**	,571**	,638**
	p-valor	0,124	0,957	0,029	0,777	0,907	0	0,002	0,003	0,001

16	Coef.	-0,302	0,213	,536**	0,12	0,12	,551**	,482*	,517**	,564**
	p-valor	0,143	0,307	0,006	0,567	0,566	0,004	0,015	0,008	0,003
17	Coef.	-0,175	0,145	0,277	0,047	-0,073	,570**	,507**	,545**	,583**
	p-valor	0,402	0,49	0,18	0,822	0,729	0,003	0,01	0,005	0,002
18	Coef.	-0,07	-0,09	0,202	0,111	-,438*	-0,005	0,068	0,021	-0,064
	p-valor	0,739	0,668	0,332	0,598	0,029	0,983	0,748	0,921	0,759
		<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
1	Coef.	-0,209	-0,224	0,115	-0,056	-0,133	-0,316	-0,302	-0,175	-0,07
	p-valor	0,316	0,282	0,583	0,791	0,526	0,124	0,143	0,402	0,739
2	Coef.	0,156	-0,037	,437*	0,365	0,314	0,011	0,213	0,145	-0,09
	p-valor	0,458	0,862	0,029	0,073	0,127	0,957	0,307	0,49	0,668
3	Coef.	,521**	0,338	0,011	0,246	0,214	,436*	,536**	0,277	0,202
	p-valor	0,008	0,098	0,957	0,235	0,305	0,029	0,006	0,18	0,332
4	Coef.	0,149	-0,164	-0,23	-0,054	-0,04	0,06	0,12	0,047	0,111
	p-valor	0,479	0,432	0,27	0,797	0,85	0,777	0,567	0,822	0,598
5	Coef.	0,194	,439*	0,159	0,28	0,099	0,025	0,12	-0,073	-,438*
	p-valor	0,353	0,028	0,446	0,175	0,638	0,907	0,566	0,729	0,029
6	Coef.	,442*	,488*	0,099	0,344	,560**	,663**	,551**	,570**	-0,005
	p-valor	0,027	0,013	0,639	0,092	0,004	0	0,004	0,003	0,983
7	Coef.	0,215	,627**	0,164	,429*	,643**	,578**	,482*	,507**	0,068
	p-valor	0,303	0,001	0,434	0,032	0,001	0,002	0,015	0,01	0,748
8	Coef.	,400*	,601**	0,366	,466*	,641**	,571**	,517**	,545**	0,021
	p-valor	0,048	0,001	0,072	0,019	0,001	0,003	0,008	0,005	0,921
9	Coef.	,652**	,687**	0,231	0,315	,486*	,638**	,564**	,583**	-0,064
	p-valor	0	0	0,266	0,125	0,014	0,001	0,003	0,002	0,759
10	Coef.	1	0,38	0,192	0,276	0,146	0,321	,512**	0,307	-0,064
	p-valor	.	0,061	0,359	0,182	0,485	0,118	0,009	0,136	0,759
11	Coef.	0,38	1	0,027	0,249	0,281	0,362	0,286	0,286	-0,041
	p-valor	0,061	.	0,897	0,231	0,174	0,076	0,165	0,165	0,846
12	Coef.	0,192	0,027	1	,665**	,581**	0,297	,567**	0,324	-0,13
	p-valor	0,359	0,897	.	0	0,002	0,149	0,003	0,114	0,535
13	Coef.	0,276	0,249	,665**	1	,754**	,529**	,616**	,409*	-0,107
	p-valor	0,182	0,231	0	.	0	0,007	0,001	0,042	0,611
14	Coef.	0,146	0,281	,581**	,754**	1	,762**	,670**	,664**	-0,017
	p-valor	0,485	0,174	0,002	0	.	0	0	0	0,937
15	Coef.	0,321	0,362	0,297	,529**	,762**	1	,726**	,716**	-0,067
	p-valor	0,118	0,076	0,149	0,007	0	.	0	0	0,749
16	Coef.	,512**	0,286	,567**	,616**	,670**	,726**	1	,770**	0,06
	p-valor	0,009	0,165	0,003	0,001	0	0	.	0	0,775
17	Coef.	0,307	0,286	0,324	,409*	,664**	,716**	,770**	1	0,312
	p-valor	0,136	0,165	0,114	0,042	0	0	0	.	0,129
18	Coef.	-0,064	-0,041	-0,13	-0,107	-0,017	-0,067	0,06	0,312	1
	p-valor	0,759	0,846	0,535	0,611	0,937	0,749	0,775	0,129	.

1. Formación, 2. Unidad o Dependencia, 3. Vinculación, 4. Grupo, 5. Organización, planificación y orden, 6. Conocimiento y dominio del tema; 7. Motivación y entusiasmo, 8. Empatía y comprensión, 9. Paciencia y tolerancia, 10. Flexibilidad y adaptabilidad, 11. Acompañamiento y accesibilidad, 12. Trabajo en equipo, 13. Comunicación, 14. Participación, 15. Bienestar, 16. Gestión del estrés, 17. Creatividad y 18. Aplicabilidad de la experiencia.

Por otra parte, la paciencia del capacitador se relaciona con el acompañamiento y la flexibilidad que identifican las participantes durante el proceso, asimismo, con la creatividad y la aplicabilidad de la experiencia que ellas perciben en sí mismas; estas relaciones dan cuenta del componente emocional que suscitan las diferentes entregas, sugiriendo que es posible lograr aprendizajes desde la emoción, lo cual se enmarca en resultados publicados por otros autores [31]. Adicionalmente, se encontró relación entre las habilidades que se potenciaron en las participantes: trabajo en equipo, comunicación y participación, correlaciones que suelen darse en muchos de los procesos de aprendizaje experiencial o activo, hallazgos encontrados en investigaciones recientes [32].

#### 4.6 Registro fotográfico

Una evidencia que soporta los resultados obtenidos en esta investigación es el registro fotográfico, respaldando el hecho de que no importa la dinámica de la entrega para lograr resultados relacionados con el desarrollo de habilidades intencionadas a partir del diseño de experiencias que se diseñan desde la intención y el logro de propósito de formación.

En la Figura 4 se presentan diferentes fotografías que demuestran la diferencia entre los dos tipos de entrega que se realizaron, el grupo 1 con el capacitador A (estructurado) y el grupo 2 con el B (emocional); en las imágenes se evidencia que el entorno del escenario de aprendizaje del grupo 1 fue más ordenado, aseado y de manera particular todas las pizzas tuvieron la misma forma; mientras que en el grupo 2 se percibe algo de desorden en las mesas y la estructura del espacio, además de que las formas de las pizzas fueron variadas; resultados que inicialmente sugerirían que las dos entregas podrían generar diferencias significativas en la percepción de las participantes en cuanto a las habilidades propias de los capacitadores y las que se fortalecieron en ellas, según el discurso y enfoque de la estrategia, lo que se reconoce como el currículo oculto y la libertad de cátedra; sin embargo, a lo largo del estudio los resultados demostraron que no, que el verdadero efecto se genera desde el diseño y la planeación de la actividad, es decir el micro currículo pretendido e impartido [33].



Figura 4. Registro fotográfico de la experiencia

## 5. CONCLUSIONES

Se encuentra que, en el proceso de aprendizaje de las personas adultas, las emociones están intrínsecamente ligadas a las experiencias que van construyendo. Aunque, muchas veces la educación está centrada en ejercicios intelectuales, no se puede subestimar la profunda influencia que las emociones tienen en cómo los adultos absorben, asimilan y aplican nuevos conocimientos. Las experiencias de vida, los valores, las expectativas y las responsabilidades individuales tejen una red compleja de emociones que acompañan el viaje de aprendizaje de los adultos. Desde la motivación y el entusiasmo hasta la ansiedad y el miedo al fracaso, las emociones acompañan cada paso del proceso educativo en adultos. Estas emociones pueden ser impulsoras o inhibitoras, afectar la retención y la comprensión, y moldear la forma en que los adultos aplican sus nuevos conocimientos en situaciones reales. La autoeficacia, la confianza en uno mismo y la percepción de relevancia también están inextricablemente entrelazadas con las emociones, influyendo en la disposición de los adultos para participar activamente en su propio aprendizaje.

La percepción de los profesionales que estuvieron distribuidos en dos grupos revela que no existen diferencias significativas; es decir, que las habilidades y fortalezas de ambos capacitadores dan cuenta de habilidades blandas que apuntan a la formación de adultos a través de metodologías que son motivantes y desafiantes. Por lo tanto, se resalta la efectividad y la coherencia en la entrega y aplicación de las metodologías utilizadas.

El análisis de los datos revela una asociación significativa entre el conocimiento del capacitador y las habilidades blandas que se fortalecieron en las participantes. Esta relación robusta resalta la importancia de un capacitador con sólidos conocimientos disciplinares que llevan de forma motivante a la orientación al logro; por lo tanto, cuando los capacitadores poseen un sólido dominio de su campo de conocimiento, tienen la capacidad de incentivar el aprendizaje de manera clara y efectiva. Esto crea un entorno de comunicación en el que las participantes pueden absorber y asimilar los conceptos esenciales necesarios para fortalecer sus habilidades y asociarlos al objetivo de la actividad a través de la construcción de la analogía (preparación de la pizza).

La relación entre el conocimiento del capacitador y las habilidades blandas fortalecidas también sugiere que la credibilidad y la experiencia del capacitador juegan un papel crucial en la formación integral de los estudiantes. Los participantes tienden a valorar y confiar en la información proporcionada por un capacitador que demuestra una profunda comprensión de la materia. Esta confianza puede motivar a las participantes a involucrarse activamente en el proceso de aprendizaje y a trabajar en el desarrollo de habilidades blandas.

Los resultados también demuestran que la forma de entrega de la pizza no determina una efectividad en el proceso formativo. En cambio, son la planificación meticulosa, el diseño reflexivo y la intención formativa detrás del proceso los factores que verdaderamente definen su éxito y eficacia. Comparar la entrega de una pizza con un proceso formativo puede parecer poco convencional, pero esta analogía ilustra un punto importante: el resultado final no es necesariamente un reflejo directo de la calidad de la entrega, sino más bien una combinación de múltiples factores que ocurren antes y durante el proceso.

### **Reconocimiento**

Este trabajo se realizó gracias al apoyo de la Dirección de Currículo de la Universidad de La Sabana en el marco de la jefatura de Aseguramiento del Aprendizaje, con la colaboración de la Dirección del Programa Core Curriculum Persona & Cultura y su área de Asesoría Académica Personalizada y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

## REFERENCIAS

- [1] Martínez H. et al. (2018). Filosofía universitaria: una corriente para la construcción de significados en la formación de formadores. *Revista Científica UISRAEL* 8(2), 81–92.
- [2] Rodríguez L. et al. (2021). Habilidades blandas y el desempeño docente en el nivel superior de la educación. *Propósitos y Representaciones* 9(1), 1038.
- [3] Cejas R. y Navío A. (2020). Sobre la formación tecnopedagógica del profesorado. La visión de los expertos y formadores. *Revista iberoamericana de educación superior*. 11(31), 150–64.
- [4] Castro L. et al. (2022). Perfil del formador de formadores: una revisión sistemática de literatura. *Educación y Educadores* (1), 25(1), 14–25.
- [5] Pinto R. (2022). Actualización conceptual y metodológica de la posibilidad de la educación entre adultos. En Acuña V. et al. (eds.), *La educación de personas jóvenes y adultas como estrategia para enfrentar las desigualdades en América Latina De las políticas a las prácticas*. La Serena.
- [6] Galdámez O. y Simar E. (2023). *Los Métodos de Educación de Adultos y su Inserción en la Capacitación Organizacional*. Tesis de Maestría. Universidad Galileo. Guatemala.
- [7] Poe M. (2022). Learning to unlearn the teaching and assessment of academic writing. *Discourse and Writing/Redactologie* 4(32), 161–90.
- [8] Andresen L. et al. (2020). Experience-based learning. *Understanding Adult Education and Training* 225–39.
- [9] Pérez E. y Catalán J. (2022). Propuesta Docente implementando las TIC con metodologías activo-participativas en la asignatura Biología Celular para Enfermería. *Revista Iberoamericana de Investigación en Educación* 1(3), 11–22.
- [10] Vargas K. et al. (32023). Aprendizaje colaborativo: Una estrategia que humaniza la educación. *Revista Innova Educación* 2(2), 363–79.
- [11] Loeng S. (2020). Self-directed learning: A core concept in adult education. *Educ. Research International* 2020, 1-12.
- [12] Hsu H. y Hsu H. (2020). Action research for using problem based learning in adult education. En 6th International Conference on Social Science and Higher Education.
- [13] Virk A. et al. (2023). Conceptualizing Problem-Based Learning: An Overview. *International Journal of Applied Basic Medical Research* 2(1), 1-3.
- [14] Branco G. y Pinto M. (2022). Levantamento das produções sobre as contribuições do uso das tecnologias de informação e comunicação nas práticas pedagógicas da educação de jovens e adultos. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação* 1(3), 1417–1433.
- [15] Suresh H. y Guttig J. (2023). A framework for understanding sources of harm throughout the machine learning life cycle. *ACM International Conference Proceeding Series*.
- [16] Simonsen K. (2022). Who's a good citizen? Status and power in minority and majority youths' conceptions of citizenship. *The British Journal of Sociology* 73(1), 154–67.
- [17] Nuru AK. (2023). Examining difficult conversations and transitional identities through Relational Liminality Theory. *Human Communication Research* 49(2), 116–126.
- [18] Torralba J. (2022). *Una Educación liberal: Elogio de los grandes libros*. Ediciones Encuentro.
- [19] Phillips P. et al. (2022). Proving the value of soft skills: Measuring impact and calculating ROI. *ATD Press*.
- [20] Fleming S. (2019). These 4 Job trends are shaping the future of your work. *World Economic Forum*.
- [21] Peña M. et al. (2020). *Formación Integral Universitaria: Un Itinerario*. Universidad de la Salle.
- [22] Uljens M. (2023). *Non-affirmative theory of education and bildung*. Springer.
- [23] Rucker T. (2020). Bildung, unterricht und respekt. *Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Pädag.* 30, 95(3), 410–28.
- [24] Benner D. (2023). On affirmativity and non-affirmativity in the context of theories of education and bildung. *Educational Governance Research*. 20, 21–59.
- [25] Bedoya E. et al. (2022). Trends in the bildung concept: a Literature Review. *Revista de Filosofía* 39, 408–425.
- [26] Fernández F. (2022). Investigaciones y tendencias actuales que involucran la sensibilidad intercultural: Percepciones asociadas a la educación intercultural. *Revista CIEG* (56), 25–39.
- [27] León J. (2021). El concepto de educación en la filosofía de Leonardo Polo: Ayudar a crecer. *Revista Panamericana de Pedagogía* (33), 22-36.
- [28] Cadavid M. et al. (2021). *Persona y felicidad: aportes desde la educación, la filosofía, la historia, la ética, la política, el derecho y la bioética*. Universidad Católica de Colombia.
- [29] Fazio M. (2021). *Libertad para amar a través de los clásicos*. Rialp.
- [30] Fonseca Y. et al. (2021). El conocimiento didáctico del contenido sobre una clase de Lenguaje. *Educación y ciencia* (25), e11644–e11644.
- [31] Anzelin I. et al. (2020). Relación entre la emoción y los procesos de enseñanza aprendizaje. *Sophia* 16(1), 48–64.
- [32] Franco E. (2021). Aprendizaje activo en una experiencia de simulación. *Company Games & Business Simulation Academic Journal* 1(2), 19–33.
- [33] Gamboa M. et al. (2019). Análisis del microcurrículo: Buscando la articulación entre el currículo pretendido, aplicado y logrado. En Serna E. (ed.), *Revolución en la formación y la capacitación para el siglo XXI*. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.

# Uso adecuado de la inteligencia artificial para el desarrollo de las competencias comunicativas de los estudiantes universitarios

Bárbara Patricia Arias Cortés<sup>1</sup>

Maryluz Castro Moreno<sup>2</sup>

*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia*

Las primeras informaciones o rastros sobre la Inteligencia Artificial IA datan de la década de 1940, aunque particularmente se le adjudica el origen de este concepto a Alan Turing, quien hizo referencia a que era posible contar con máquinas inteligentes que pudiesen simular y seguir tareas como los seres humanos. Bajo esa idea, y con los avances de la ciencia y la tecnología, la IA se ha venido incorporando en la vida de los seres humanos casi sin notarla, y hoy se pueden encontrar desde asistentes virtuales hasta transportes autónomos, que transforman la vida de los individuos. En la actualidad, la IA tiene influencia en diferentes ámbitos, por ejemplo, en la educación sirve como apoyo a los estudiantes para el desarrollo de diferentes actividades académicas, desde consultas sobre temas concretos hasta elaboración de trabajos, proyectos de investigación y traducción de documentos. Es por ello que hacer uso responsable de esta herramienta es una de las discusiones que motiva a realizar la presente investigación. Si bien es cierto que la IA ofrece una gama importante de recursos, también es clave generar entre estudiantes y profesores una conciencia de uso adecuado de la misma, puesto que se deben explorar las capacidades humanas y no depender exclusivamente de una máquina o tecnología.

---

<sup>1</sup> Abogada, Especialista en Derecho Laboral y Seguridad Social, y Magíster en Derechos Humanos. Contacto: [barbara.arias@uptc.edu.co](mailto:barbara.arias@uptc.edu.co)

<sup>2</sup> Licenciada en Matemáticas y Estadística, Especialista en Pedagogía y Docencia, Especialista en Estadística y Magíster en Didáctica de las Matemáticas. Contacto: [maryluz.castro@uptc.edu.co](mailto:maryluz.castro@uptc.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo y fortalecimiento de las competencias comunicativas, es un proceso que se lleva a cabo en los diferentes niveles educativos, es por ello que no se desconoce que dicho proceso se mantenga en la formación universitaria.

Por su parte las competencias comunicativas, independientemente de cuál sea el campo de formación, hacen referencia al conjunto de habilidades y aptitudes que permiten una comunicación adecuada y asertiva. En nuestros días, con los avances tecnológicos, las fuentes de información y la era digital, la comunicación es un medio esencial para relacionarse en el entorno educativo, social, laboral y cultural, tanto en el contexto local, como nacional e internacional.

De acuerdo con lo anterior, es trascendental comprender que justamente los avances tecnológicos a los que nos vemos enfrentados en el día a día, hacen que la educación esté llamada a integrar esos avances en pro de hacer más eficientes los procesos de enseñanza aprendizaje, y conforme a ello la Inteligencia Artificial tiene un papel preponderante.

Es por ello que través de esta investigación se pretende desarrollar el interrogante: ¿Qué nivel de conocimiento tienen los estudiantes de séptimo semestre de los programas de Administración de Empresas, Contaduría Pública y Licenciatura en Educación Física Recreación y Deporte de la UPTC Seccional Chiquinquirá, en cuanto a la existencia de la Inteligencia Artificial y la forma de utilizarla adecuadamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje?

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Competencias comunicativas

La comunicación hace parte de los seres humanos de forma connatural pues permite la vida en comunidad y por ende es un elemento fundamental en la construcción de lazos y en el relacionamiento de unos con otros. En coherencia con lo anterior, es también necesario referir que la comunicación es fundamental en el proceso de enseñanza - aprendizaje, haciéndose indispensable fomentar y fortalecer en los estudiantes tanto a nivel de la educación media como de la superior, competencias y habilidades que les permitan articularse con la sociedad y el mundo laboral en el que se desenvolverán.

Por ello pasaremos a hablar del concepto de competencia comunicativa, sus elementos y cómo ello llevado a la práctica permite una mejora importante en el proceso de formación y por ende en las habilidades que a futuro se espera tengan los egresados. Desarrollando lo planteado, es pertinente señalar que la comunicación según [1] es entendida como la *transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor*.

De acuerdo a ello, es fundamental que las personas manejen códigos comprensibles para ambas partes, lo cual debe cumplirse también en el ámbito educativo, entre estudiantes y profesores que utilicen unos códigos comunes y claros que permitan que el proceso de comunicación sea efectivo. Cumplir lo señalado puede generar aprendizajes significativos en los estudiantes y que los conocimientos que se adquieren en el aula sean pertinentes y aplicables en el medio y el mercado laboral. A lo expuesto también puede sumarse lo que se plantea en [2] en relación con la competencia comunicativa:

*... es nuestra capacidad de interpretar y usar apropiadamente el significado social de las variedades lingüísticas, desde cualquier circunstancia, en relación con las funciones y variedades de la lengua y con las suposiciones culturales en la situación de comunicación. Se refiere, en otros términos, al uso como sistema de las reglas de interacción social.*

En el mismo sentido, [2] también señala que dentro de la competencia comunicativa tenemos: *la competencia lingüística, la competencia sociolingüística, la competencia pragmática y la psicolingüística*. A su vez, cada una de estas competencias se compone de sub-competencias. Lo planteado por el autor referido



se condensa en el esquema que se muestra a continuación y que permite comprender la integración de los elementos propuestos (Figura 1).

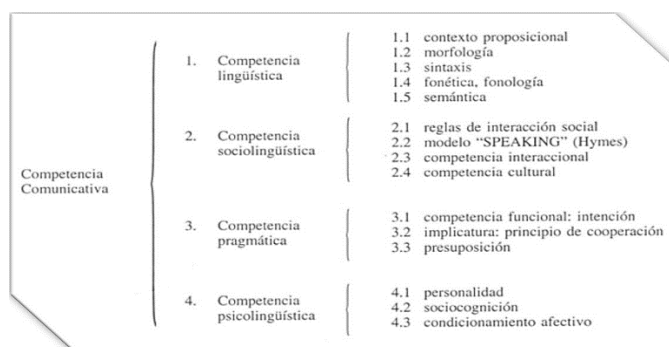


Figura 1. Elementos de la competencia comunicativa [2]

De acuerdo también con lo planteado en [2] y como sustento de la imagen relacionada anteriormente, el elemento 1 hace referencia a la *gramática tradicional* (morfología, sintaxis, fonética, entre otros). En el elemento 2 se incluyen las reglas de *interacción social*, conforme al modelo *Speaking* de Hymes donde cada letra se refiere a un elemento de análisis: situación, participantes, finalidades, actos, tonos, instrumentos, normas y géneros.

Por su parte el elemento 3 se enfoca en *aspectos de la cultura de la comunidad* como la organización social, la religión y la política. Y para cerrar el esquema en el punto 4 se enfatiza en el uso y explotación de los recursos en el discurso, donde aparecen aspectos como la situación, el evento y el acto.

Además de lo anterior, entendiendo que lo comunicativo está ligado con el proceso de aprendizaje de los seres humanos, enfatizando en el ámbito académico, se hace necesario que dentro del espacio de clase o aula, se comprenda la forma como los estudiantes aprenden, frente a lo cual es pertinente referir a [3] que en su *teoría de las inteligencias múltiples* señala que no hay una inteligencia única sino que existen diferentes inteligencias que poseen los seres humanos y ello determina la forma en que los sujetos aprenden y se relacionan.

Entonces, el proceso de enseñanza - aprendizaje no debe ser ajeno a las diversas teorías que proponen formas y modelos efectivos para que el estudiante cumpla con las expectativas propias e institucionales, y que además alcance las competencias requeridas por la sociedad. Lo expuesto implica entonces una corresponsabilidad de profesores y directivos en relación con la forma en que debe planearse el currículo, las asignaturas, los contenidos programáticos (denominados también en algunas instituciones como *syllabus o guía cátedra*), y por supuesto todo lo anterior debe ir en consonancia con las estrategias a aplicar por parte de los profesores.

Sin embargo, todo lo señalado no es ajeno a las políticas educativas planteadas por los diversos gobiernos, con mayor razón cuando las tendencias más recientes llevan a las instituciones a estar en gran medida en función de los rankings y modelos de medición para cumplir con parámetros determinantes de la denominada *calidad académica*. En este aspecto podemos referir, verbigracia, los denominados *estándares básicos de competencias* que son como lo plantea [4]:

*... criterios claros y públicos que permiten establecer cuáles son los niveles básicos de calidad a los que tienen derecho los niños de todas las regiones de Colombia. Expresan una situación deseada en cuanto a lo que se espera que todos los estudiantes aprendan en cada una de las áreas y en cada uno de los niveles educativos, especificando por grupos de grados el nivel de calidad que se aspira alcanzar, lo básico (central, necesario y fundamental) que todos los estudiantes deben saber y saber hacer.*

En coherencia con lo anterior, es importante comprender que los procesos de enseñanza -aprendizaje están mediados por los rankings y estándares determinados por el Gobierno Nacional e incluso por organismos multilaterales que marcan el derrotero sobre lo que los estudiantes deben aprender, pero además de ello es necesario tener presente que esos procesos están mediados cada vez más por la tecnología, y hoy cobra particular importancia la aparición y uso de la inteligencia artificial, aspecto que pasaremos a abordar.

Justamente, en coherencia con lo anterior la UNESCO ha venido desarrollando una gran iniciativa denominada: *La IA y los futuros del aprendizaje*, y como se señala en [5] dentro de la mencionada iniciativa, se están construyendo los *Marcos de Competencias en materia de IA*, que servirán de fuente a profesores y estudiantes para utilizar adecuadamente la IA en los espacios académicos. Ahora bien, en ese marco tenemos que el Consenso de Beijing [5] reconoce:

*... la aparición de un conjunto de habilidades de alfabetización en IA necesarias para una colaboración eficaz entre humanos y máquinas y recomienda tomar medidas institucionales para mejorar la alfabetización en IA en todos los estratos de la sociedad. También considera que, si bien los profesores no pueden ser desplazados por las máquinas, se ha vuelto crítico revisar y definir dinámicamente las funciones de los profesores y las competencias requeridas en el contexto de las políticas profesores, fortalecer las instituciones de formación del profesorado y desarrollar programas adecuados de creación de capacidades para preparar a los profesores a trabajar eficazmente en entornos educativos ricos en IA.*

Conforme a lo descrito, es de resaltar que los marcos referidos aún están en construcción, y se aspira a que estén listos en marzo de 2024, y en ese orden de ideas, como se plantea en [5] el Marco de competencias en IA para profesores *definirá los conocimientos, habilidades y actitudes que deben poseer los profesores para comprender las funciones de la IA en la educación y utilizarla en sus prácticas profesores de manera ética y eficaz*. Por su parte, las competencias para estudiantes [5] tratan de *los conocimientos, habilidades y actitudes que los estudiantes deben adquirir para comprender y participar activamente con la IA de una manera segura y significativa en la educación y fuera de ella*.

Todo lo anterior responde a un marco más amplio como es el de dar cumplimiento a la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible formulados por Naciones Unidas, así como los principios de los derechos humanos y la necesidad de proteger la dignidad humana.

## 2.2 Inteligencia artificial

En la actualidad el uso de las computadoras, la internet y diferentes dispositivos electrónicos, ha llevado a los seres humanos a que cada vez más estemos en contacto con los recursos tecnológicos y la facilidad que estos nos ofrecen, desde el acto de comunicarnos hasta la consulta de fuentes de información y la interacción virtual.

Un ejemplo de ello es el surgimiento de la Inteligencia Artificial, la cual, según la Comisión Mundial de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología de la UNESCO [6], es el resultado donde aquellas máquinas basadas en IA son potencialmente capaces de imitar o incluso superar las capacidades cognitivas humanas, incluyendo la detección, la interacción lingüística, el razonamiento y el análisis, la resolución de problemas e incluso la creatividad.

### 3.2.1 Llegada de la inteligencia artificial a la educación

En el mundo actual se cuenta con una cantidad importante de herramientas informáticas y recursos tecnológicos que han permitido a los seres humanos realizar investigaciones y encontrar hallazgos importantes en el mundo que los rodea, en esta oportunidad el ámbito educativo no es ajeno al surgimiento de esta innovación tecnológica y por ende de la IA, por ello es importante entender la IA y la forma como interviene en el proceso de enseñanza aprendizaje. De acuerdo con lo anterior [7] hace referencia a que:

*La inclusión de la IA en la educación tiene un fuerte potencial para acelerar el proceso de realización y desarrollo de los objetivos globales en torno a la educación mediante la reducción de las dificultades de acceso al aprendizaje, la automatización de los procesos de gestión y la optimización de los métodos que permiten mejorar los resultados en el aprendizaje.*

De tal forma que, en la actualidad el uso de la IA en la educación tanto por profesores como por los estudiantes es muy frecuente, pero también es importante resaltar que elementos importantes como la creatividad, la motivación, el interés, el trabajo en equipo, el pensar y producir ideas, entre otros, no pueden ser reemplazados o cubiertos por las nuevas invenciones tecnológicas, ya que estos procesos son propios de los seres humanos, que es el reto de la revolución 4.0. Asimismo, las numerosas aplicaciones de la IA en la educación es posible mencionar aquellas que se han destacado y que tiene una incidencia importante en

los procesos de formación, tales como: Los agentes de software conversacionales inteligentes (*chatbot*), la creación de plataformas Online para el auto-aprendizaje y la robótica educativa [7], para los cuales se realiza a continuación una descripción.

- *Los agentes de software conversacionales inteligentes chatbot.* Son considerados como una herramienta que hace el papel de profesor o estudiante en los entornos virtuales de aprendizaje. El desarrollo de este tipo de software se ha convertido en una solución rápida a las necesidades educativas en la educación virtual, es por ello que es muy probable la incorporación de *Machine Learning* en la capacidad de generar modelos predictivos para las respuestas a las preguntas formuladas y la reformulación de las mismas [7]. De este modo la IA en la educación abre las puertas a que los profesores diseñen las actividades de formación y de evaluación, las cuales pueden llegar a ser corregidas por la IA.
- *La creación de plataformas en línea para el auto-aprendizaje.* En la educación superior la IA a través de los agentes de software como el *chatbot* permite que por medio del *Machine Learning* los estudiantes cuenten con un aliado digital que les ayudará a aprender de forma personalizada y los profesores pueden beneficiarse de la IA para identificar debilidades en la clase debido a capacidad de recopilar y analizar datos sobre la clase en su conjunto y como un proceso, así como la generación de patrones comportamentales y predictivos se convertiría en la herramienta más poderosa del profesor la cual le permitirá generar un análisis para el diagnóstico cognitivo y personalizado de cada estudiante [7].
- *La robótica educativa.* La existencia de gran variedad de asistentes robóticos dentro y fuera del aula de clase que están mediados por la IA, son un apoyo de asistencia para los estudiantes en los diferentes niveles educativos, pero es importante que se mejore los elementos que se dan en el diálogo o el encuentro entre profesores y estudiantes.

Por ende, encaminar desarrollos tecnológicos verdaderamente aplicables a las necesidades y abordar la transversalidad expresada por los planes de estudio y currículos establecidos en el área tecnología [7], se convierte en el reto educativo, así como el uso responsable y adecuado de la IA.

### 3.3 IA y Educación Superior

El surgimiento y uso de la IA en el ámbito educativo y en el caso específico de la educación superior se hace muy importante hacer una reflexión sobre la inmersión de estas propuestas o novedades tecnológicas así como los parámetros que permitan una adecuada administración de este importante recurso, así como la aplicabilidad de políticas efectivas, cada vez más adecuadas que vitalicen de forma equilibrada las posibilidades de la IA, en función de las necesidades de las instituciones más representativas [8].

De otra parte, el desarrollar competencias digitales en los estudiantes permite que los entornos virtuales de aprendizaje, alimentados con las diferentes innovaciones tecnológicas y en el caso particular de la IA, se conviertan en aliados estratégicos de los estudiantes para enfrentar su proceso de formación.

### 3.4 Aportes de la IA al proceso de enseñanza-aprendizaje

Dentro de los aportes de la IA a los procesos de enseñanza aprendizaje se puede destacar la personalización mediante el ajuste y adaptación de las herramientas y avances tecnológicos, para lo cual es importante seguir trabajando en la preparación y desarrollo de competencias digitales de los estudiantes para enfrentar las diversas innovaciones tecnológicas. Dicha personalización puede darse mediante los sistemas de enseñanza adaptativos, los cuales se entienden como plataformas y sistemas de tutoría inteligente que ofrecen trayectorias personalizadas de aprendizaje basadas en los perfiles, respuestas e interacciones de los estudiantes [9].

La diversidad de plataformas creadas para este fin cada vez más sigue en aumento, las cuales ofrecen ejercicios, actividades, interacción estudiante- profesor, donde el profesor puede identificar la ruta que cada estudiante sigue al navegar en dichas plataformas. Dentro los aportes pedagógicos tenemos las plataformas educativas, la elaboración de plataformas para el trabajo colaborativo, la incorporación de

plataformas de juego, entre otras, que requieren de la conexión a internet. Además de las plataformas, también se evidencia el impacto de la IA en la administración de las instituciones educativas en lo referente a la automatización de las tareas rutinarias de los profesores y el análisis de grandes volúmenes de información de los sistemas educativos [9].

### 3.5 Ética y uso responsable de la IA en el ámbito académico

Es claro que los seres humanos y más en un mundo que avanza a grandes velocidades buscan resolver problemas y situaciones de manera eficiente y rápida, pero coetáneo a ello surge el debate sobre la manera en que la información se recaba, bien sea en el ámbito laboral, organizacional o académico. Entonces la discusión pasa a concentrarse en el uso ético y responsable de los recursos que están alrededor, incluidos por supuesto los espacios digitales.

De acuerdo con lo planteado, a partir de esa consigna desde los lineamientos dados por organismos internacionales incluso, se ha empezado a explorar la correlación entre IA y ética, encontrando que este camino todavía es incipiente puesto que si bien desde el año 1956 se empezó a explorar la posibilidad de que existiese inteligencia en algo diferente a los seres humanos, solo los logros más recientes han llevado a pensar que deben existir regulaciones que limiten su uso para que se haga de manera responsable, lo cual permite afirmar que el camino en torno a las regulaciones sobre la ética frente a la IA está todavía en fase de exploración, por lo que no existe a este momento una regulación precisa que determine hasta donde es posible el uso de la IA sin que vulnere o ponga en peligro la ética.

A pesar de lo anterior, es importante aclarar que sí se ha planteado, por ejemplo, por instituciones como el Banco Interamericano de Desarrollo BID y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE, algunos aspectos y principios que sirven de soporte a las regulaciones éticas que puedan darse más adelante, y que son de vital importancia. Así, se vienen consolidando algunas directrices sobre el uso responsable de la IA, como se menciona a continuación [10]:

*... el BID, en colaboración con socios y aliados estratégicos, lidera una iniciativa denominada fAIr LAC mediante la cual busca promover la adopción responsable de la IA para mejorar la prestación de servicios sociales (principalmente en los sectores de educación, salud, protección social, mercados laborales y temas asociados con género y diversidad) y crear oportunidades de desarrollo en aras de reducir las brechas y atenuar la creciente desigualdad social. Trabajando en conjunto con los sectores público y privado, la sociedad civil y la academia, la iniciativa fAIr LAC liderará la ejecución de experimentos y proyectos piloto de sistemas de IA. Asimismo, creará modelos de evaluación ética y otras herramientas para que los gobiernos, los emprendedores y la sociedad civil puedan profundizar su conocimiento en la materia, contar con guías y marcos para la adopción responsable de la IA e incidir tanto en la política pública como en el ecosistema emprendedor.*

Ahora bien, en coherencia con la línea planteada anteriormente, la iniciativa *fAIr LAC*, tomará como guía los principios éticos formulados por la OCDE en el año 2019 [10], frente a lo cual cabe aclarar, que Colombia hace parte de la mencionada organización desde 2020 y, además, es uno de los seis países de la región (junto con México, Brasil, Argentina, Perú y Costa Rica), que ha adoptado los principios que a continuación se mencionan [10]:

1. Crecimiento inclusivo, desarrollo sostenible y bienestar: Las partes interesadas deberán participar activamente en la gestión responsable de una IA que esté pensada para alcanzar resultados beneficiosos para las personas y el planeta.
2. Valores centrados en el ser humano y la equidad: derechos humanos y los valores democráticos a lo largo de todo su ciclo de vida. Entre estos últimos sobresalen la libertad, la dignidad y la autonomía, la privacidad y la protección de los datos, la no discriminación y la igualdad, la diversidad, la equidad, la justicia social y los derechos laborales internacionalmente reconocidos.
3. Transparencia y explicabilidad: Los actores del ecosistema de IA deberán comprometerse con la transparencia y la divulgación responsable de los sistemas relacionados. Deberán proporcionar información relevante que se ajuste al contexto y sea coherente con el estado del arte.

4. Robustez, seguridad y protección: Los sistemas de IA deben ser robustos, seguros y protegidos durante todo su ciclo para que, en condiciones de uso normal, uso previsible, uso incorrecto u otras condiciones adversas, funcionen adecuadamente y no supongan un riesgo irrazonable para la seguridad. Para ello, los actores de la IA deben garantizar la trazabilidad permanente, incluso en relación con los conjuntos de datos, procesos y decisiones tomadas durante el ciclo de vida del sistema de IA. Así será posible analizar correctamente, y en consonancia con el estado del arte, sus resultados y respuestas a las preguntas que se les formulen.
5. Rendición de cuentas: Los actores de la IA deben ser responsables del buen funcionamiento de los sistemas de IA y del respeto por los principios antes mencionados, en función de sus deberes, del contexto y del estado del arte.

Como puede apreciarse, los principios expuestos apuntan a aspectos imprescindibles dentro de la sociedad, como la protección de la información, la garantía y respeto de los derechos humanos y los valores fundamentales, con miras a garantizar la seguridad en los espacios mediados por la tecnología, el acceso a la información en condiciones de igualdad, y que hacen imprescindible que los avances tecnológicos como la IA tengan también límites para evitar poner en riesgo la existencia de las personas y sus derechos.

## 1. MÉTODO

Inicialmente se realizó el análisis documental de las principales características de las competencias comunicativas, y de las estrategias que permiten fortalecer el desarrollo de las mismas. Esto también implicó analizar cómo ha evolucionado la IA y la manera cómo se ha ido adentrando en los espacios académicos, para interpretar cuál es su papel.

Luego se realizó un análisis descriptivo ya que se buscó determinar las características más importantes del objeto de estudio de acuerdo con lo expuesto en [11], para ello se llevó a cabo la aplicación de la rúbrica diseñada para la recolección de los datos, con el fin de identificar el nivel de conocimiento de los estudiantes de séptimo semestre de los programas de Administración de Empresas, Contaduría Pública, y Licenciatura en Educación Física Recreación y Deporte de la UPTC Seccional Chiquinquirá, sobre la IA y el uso que le dan.

Los estudiantes fueron escogidos teniendo en cuenta que están en un semestre académico avanzado, que han cursado asignaturas referentes a investigación, conocen el uso de normas técnicas para la citación adecuada de trabajos académicos y comprenden la importancia de los derechos de autor, correspondiendo a un total de 30 estudiantes que actualmente cursan la asignatura Socio-humanística II.

## 2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como se ha descrito, la IA ha hecho incursión de una forma muy importante en el ámbito educativo, y convoca a que estudiantes y profesores le den un uso racional, pero lo primero, para efecto de este trabajo consistió en identificar el nivel de conocimiento que tienen los estudiantes sobre la IA y la manera de usarla.

De acuerdo con lo anterior, como parte del ejercicio le pedimos a la IA, que diseñara una rúbrica a partir del *prompt*: *Rúbrica para evaluar el conocimiento que tienen los estudiantes sobre la inteligencia artificial*. Entonces el *prompt* fue ingresado en la herramienta ChatGPT generando el resultado de la Tabla 1 [12].

**Tabla 1.** Rúbrica para evaluar conocimiento sobre IA

Criterio	Excelente (4)	Competente (3)	Suficiente (2)	Insuficiente (1)	No evaluado (0)
Definición de Inteligencia Artificial	El estudiante proporciona una definición precisa y completa de inteligencia artificial, incluidas sus aplicaciones y propósitos.	El estudiante proporciona una definición sólida de inteligencia artificial, pero puede faltar algún detalle o aclaración.	El estudiante proporciona una definición básica de inteligencia artificial, pero podría ser más precisa o completa.	El estudiante da una definición vaga o incorrecta de inteligencia artificial.	No se puede evaluar la definición.

Aplicaciones de Inteligencia Artificial	El estudiante enumera y describe de manera exhaustiva una amplia variedad de aplicaciones de inteligencia artificial en la vida cotidiana y en diferentes campos.	El estudiante enumera y describe correctamente varias aplicaciones de inteligencia artificial, pero puede faltar alguna área importante.	El estudiante menciona algunas aplicaciones de inteligencia artificial, pero la lista es limitada o no está del todo clara.	El estudiante menciona aplicaciones incorrectas o no logra identificar adecuadamente las aplicaciones clave.	No se puede evaluar las aplicaciones.
Técnicas y Algoritmos de IA	El estudiante demuestra un conocimiento profundo y detallado de una amplia gama de técnicas y algoritmos de IA y puede explicar cómo se aplica en diferentes contextos.	El estudiante demuestra un conocimiento sólido de varias técnicas y algoritmos de inteligencia artificial, ejemplos relevantes.	El estudiante tiene un conocimiento básico de algunas técnicas y algoritmos de inteligencia artificial, pero puede haber confusiones o falta de claridad.	El estudiante presenta un conocimiento limitado y poco claro de las técnicas y algoritmos de inteligencia artificial.	No se pueden evaluar las técnicas y algoritmos.
Ética en la Inteligencia Artificial	El estudiante demuestra un entendimiento profundo de las implicaciones éticas en el desarrollo y uso de la inteligencia artificial. Puede discutir y analizar casos éticos de manera sólida.	El estudiante comprende las ideas éticas de la inteligencia artificial y puede mencionar ejemplos, pero podría profundizar más en su análisis.	El estudiante menciona algunas consideraciones éticas, pero el análisis es superficial y no se explora en detalle.	El estudiante apenas menciona las ideas éticas o su comprensión es limitada.	No se puede evaluar la ética en la IA.
Historia y Futuro de la IA	El estudiante demuestra un conocimiento profundo de la historia de la inteligencia artificial, incluyendo hitos importantes y figuras clave. También puede discutir tendencias futuras con fundamentos sólidos.	El estudiante tiene un buen entendimiento de la historia de la inteligencia artificial y puede mencionar algunas tendencias futuras, pero podrían faltar detalles o análisis más profundos.	El estudiante presenta un conocimiento básico de la historia de la inteligencia artificial y menciona tendencias futuras de manera general.	El estudiante tiene un conocimiento limitado de la historia de la inteligencia artificial y no logra identificar tendencias futuras de manera efectiva.	No se puede evaluar la historia y futuro de la IA.

Ahora bien, la rúbrica diseñada por la IA, relacionada anteriormente, fue adaptada a un cuestionario que se aplicó a los 30 estudiantes de la asignatura Socio-humanística II, utilizando el software de administración de encuestas Formularios de Google [13]. La población encuestada se distribuye de la siguiente manera: el 63% son estudiantes del programa de Administración de Empresas, el 30% de la Licenciatura en Educación Física y el 7% de Contaduría Pública. El 53,3% corresponden al género masculino y el 46,7% al femenino.

Frente a la pregunta si tiene conocimiento de la IA, el 86,7% de los encuestados conoce que es la IA, mientras que el 13,3% no lo sabe (Figura 2).

En relación con la pregunta anterior, se solicitó a los encuestados que complementaran su respuesta explicando en qué consiste la IA, frente a lo cual se tiene el resultado de la Figura 3, construido como nube de palabras utilizando el Software Estadístico R [14], modelo que se utilizó también para las demás preguntas abiertas que hacen parte del cuestionario y que se irán mostrando.

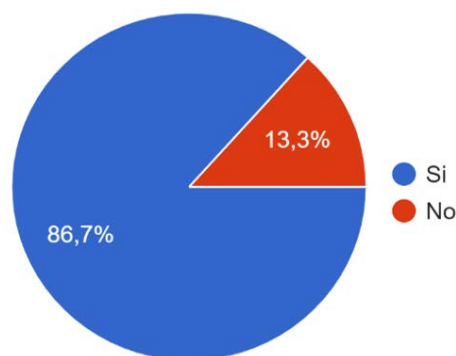


Figura 2. Conocimiento sobre la IA



Figura 3. Definición de IA

De lo anterior se desprende que la mayor parte de los encuestados plantean que la IA se refiere a herramientas tecnológicas que les permiten realizar tareas y ampliar sus conocimientos. Frente a la pregunta sobre qué aplicaciones de IA han utilizado o conocen los estudiantes, el resultado se muestra en la Figura 4.

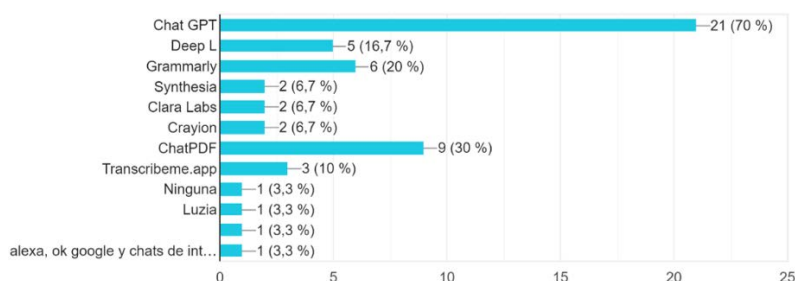


Figura 4. Aplicaciones de IA conocidas o utilizadas

Cabe aclarar que, en la pregunta anterior, los encuestados podían escoger varias opciones, y las aplicaciones más seleccionadas fueron: ChatGPT con el 70%, ChatPDF 30%, Grammarly 20%, y Deep L con el 16,7%. De igual forma frente a esta pregunta, los encuestados podían complementar la información, explicando de manera más concreta para qué tipo de tareas utilizan esas aplicaciones.

De acuerdo a ello, los encuestados señalaron que las utilizan para realizar traducción y edición de documentos, consultas específicas sobre temas de clase, realización de trabajos más complejos e incluso consideran que pueden utilizarse para desarrollo de proyectos de investigación, y coinciden en señalar que estas aplicaciones les facilitan la vida y la realización de actividades.

De la Figura 5 se extrae que los campos donde los estudiantes consideran que se ha usado la IA son: educación 80%, tecnología con 60% y compras por internet 50%. Con un menor valor aparecen ciencia, medicina y agricultura.

De otra parte, se preguntó ¿qué aspectos éticos considera que deben tenerse en cuenta en relación con la IA? obteniendo los resultados de la Figura 6.

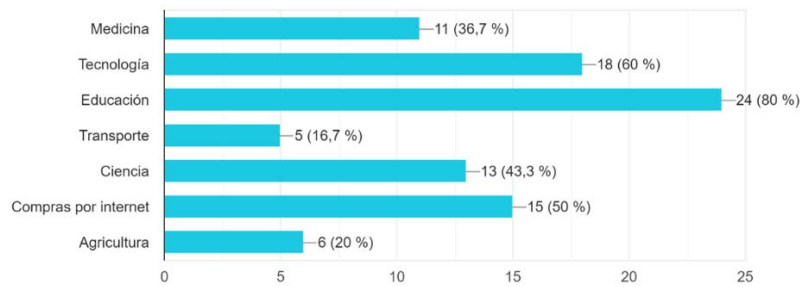


Figura 5. Campos en que se ha usado la IA



Figura 6. Aspectos éticos relacionados con la IA

A partir de las respuestas de los participantes se construyó la nube de palabras anterior [14], donde destacan aspectos como: privacidad, respeto, conciencia, valores y honestidad. En un espectro menor aparecen, por ejemplo: empatía, transparencia e inclusión. En relación con la pregunta sobre la aparición de la IA en el mundo se obtuvieron los resultados de la Figura 7. En cuanto a esta pregunta los encuestados señalaron: el 26,7% en 1956, igualmente el 26,7% en 2020, seguido del 23,3% en 2015.

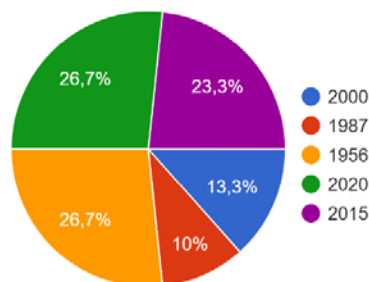


Figura 7. Aparición de la IA

Por último, se indagó sobre ¿cuáles considera que son las tendencias futuras de la IA? encontrando los datos de la Figura 8. De acuerdo con las anteriores respuestas se construyó una nube de palabras [14], agrupando los conceptos principales donde destacan que: la tecnología reemplazará a los seres humanos, habrá robots cada vez más inteligentes, vehículos autónomos, cambios sociales trascendentales y actividades de la vida cotidiana con mayor tendencia a la virtualidad.



Figura 8. Tendencias futuras de la IA



## 6. CONCLUSIONES

La IA viene en un crecimiento vertiginoso y sus avances van haciendo presencia cada vez más en diferentes escenarios de la vida, que hace décadas no habrían podido imaginarse siquiera.

Hoy la IA está presente en muchas de las actividades que desarrollamos a diario, de forma casi imperceptible. De modo que a pesar del auge de la IA no es extraño que todavía existan personas que no la conozcan. Conforme a los resultados de los instrumentos aplicados encontramos que el 14% de los encuestados no conocen de qué trata la IA, frente al 86% que manifiesta tener saber qué es la IA, y que esta se encuentra mediada por las tecnologías aplicadas en ambientes laborales, educativos, sociales y culturales, además de ser una herramienta de apoyo para realizar tareas intentando simular a los seres humanos.

De las respuestas dadas se concluye que, dentro de las aplicaciones relacionadas con la IA, la población objeto de estudio manifestó que conocen, o han utilizado alguna, encontrando por ejemplo que un 70% ha usado ChatGPT, un 30% ChatPDF, y también manifiestan conocer otras aplicaciones como Deep L, Crayion y Grammarly. Además, a través de estas aplicaciones desarrollan actividades como traducción de documentos de una forma más intuitiva de la que puede hacerse con traductores tradicionales, pues se notan cambios importantes en la gramática y la redacción pues lo hace de una manera más parecida a como lo haría un ser humano. Igualmente, utilizan las aplicaciones para resolver consultas sobre temas específicos de clase y realizar trabajos que requieran un mayor nivel de profundidad, agilizando de forma ostensible el tiempo invertido en la búsqueda de información debido a que la IA incluye fuentes y citas concretas.

Aunque de la IA se viene hablando desde 1940, se percibe en la población objeto de estudio, cierto desconocimiento sobre su aparición, pues la mayoría la ubica entre 2015 y 2020. Es de destacar, sin embargo, que los avances más recientes de la IA y la rapidez con que han ido apareciendo softwares y aplicaciones que la utilizan, han generado la percepción de que la IA es de formación más reciente a la que verdaderamente tiene.

La población encuestada también manifiesta que a la hora de utilizar la IA es importante ser responsable con el uso de la información, evitar el plagio y que esta sirva como orientación para realizar sus actividades académicas, además que debe ser utilizada con ética, conciencia y honestidad. Además, aquí pueden jugar un papel importante los mismos softwares y programas detectores de plagio que se han venido desarrollando para determinar cuándo un trabajo es elaborado por la IA, los cuales pueden ser una herramienta importante que ayude a los profesores en el proceso de evaluación.

En referencia a los aspectos éticos relacionados con la IA, la consolidación de principios y regulaciones alrededor de este tema todavía es incipiente, pero sí es de suma importancia, por ejemplo, que los Estados establezcan regulaciones claras, que minimicen los riesgos que puedan generarse por el uso desbordado de este tipo de tecnología, donde la privacidad, los valores y derechos humanos deben ser garantizados. Sin embargo, es de destacar, que esta no es una tarea que se le deba asignar solamente a los Estados pues también implica la concientización y el uso responsable por parte de los individuos en términos de la información que se recaba a una velocidad asombrosa.

En cuanto a las tendencias futuras de la IA, hay un común denominador que conduce a pensar que incluso los seres humanos podrían ser reemplazados por este tipo de tecnología, y que es altamente posible que llegue a permear todos los escenarios de la vida y los campos del conocimiento.

## REFERENCIAS

- [1] RAE. (2022). Diccionario de la lengua española. Real Academia Española
- [2] Pilleux M. (2001). Competencia comunicativa y análisis del discurso. Estudios filológicos.
- [3] Gardner H. (2001). Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples. Fondo de Cultura Económica.
- [4] MEN. (2017). Colombia aprende. Las Competencias comunicativas y los estándares de Lenguaje; su importancia en la enseñanza de la lectura y la escritura. Ministerio de Educación Nacional.
- [5] UNESCO. (2023). Marco de competencia de IA para estudiantes y profesores. Recuperado: <https://www.unesco.org/es/digital-education/ai-future-learning/competency-frameworks>
- [6] Comisión Mundial de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología de la UNESCO. (2019). Estudio preliminar sobre la ética de la inteligencia artificial. Recuperado: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367823>
- [7] Moreno R. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. Revista De Investigación en Tecnologías de la Información 7(14), 260-270.
- [8] Ocaña Y. et al. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. Propósitos y Representaciones 7(2), 536-568.
- [9] Jara I. y Ochoa J. (2020). Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación. Banco Interamericano de Desarrollo.
- [10] Cabrol M. et al. (2020). Adopción ética y responsable de la Inteligencia Artificial en América Latina y el Caribe. Nota técnica N° IDB-TN-1839.
- [11] Briones G. (2002). Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. Instituto Colombiano para el fomento de la educación ICFES.
- [12] ChatGPT. (2023). Rúbrica para evaluar conocimiento sobre la IA. Herramienta Open AI.
- [13] Encuesta elaborada por Maryluz Castro Moreno y Barbara Patricia Arias Cortés, mediante Formularios de Google, julio de 2023. Recuperado: [https://docs.google.com/forms//1aSXlfVH\\_SCFGifw6QqA8l6cHBkUUXIkjwB3FVtKIdl/edit](https://docs.google.com/forms//1aSXlfVH_SCFGifw6QqA8l6cHBkUUXIkjwB3FVtKIdl/edit)
- [14] R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

# Tecnología de asistencia: Una oportunidad para la educación en ingeniería humanitaria y comunitaria. Un estudio de caso en Cali, Colombia

Andrés González-Vargas<sup>1</sup>

Oscar Campo<sup>2</sup>

M. Alejandra Ramírez-Torres<sup>3</sup>

Andrés Zemanate<sup>4</sup>

Alexander Agudelo-Orozco<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> *Universidad Autónoma de Occidente*

<sup>5</sup> *Universidad del Valle*

*Colombia*

El aprendizaje-servicio es una metodología de enseñanza que integra la adquisición de conocimientos y valores mediante el trabajo en proyectos que beneficien a la comunidad, de ahí que el servicio comunitario se convierta en una experiencia de aprendizaje a nivel personal y profesional. En ingeniería biomédica los estudiantes desarrollan capacidades que les permiten aplicar conceptos de ingeniería para potencializar las capacidades funcionales de las personas con discapacidad, con el fin de mejorar su salud y bienestar. Estas discapacidades causan problemas que se manifiestan de diferentes maneras en cada individuo, lo que crea oportunidades para desarrollar proyectos que involucren a los usuarios en el proceso de diseño de soluciones tecnológicas a sus necesidades particulares. Colombia es un país afectado por altos niveles de desigualdad social y un sistema de salud ineficiente para cubrir las necesidades básicas de los pacientes con discapacidad. En este capítulo se revisan algunos aspectos importantes del trabajo realizado en varios cursos del programa de Ingeniería Biomédica de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali, Colombia, en los que se aplica un enfoque humanitario y comunitario para diseñar y desarrollar dispositivos de asistencia adaptados a las necesidades de usuarios locales. Además, se aplicó una encuesta a 55 estudiantes que hubieran finalizado, por lo menos, uno de los cursos en mención, para conocer sus opiniones y perspectiva.

---

<sup>1</sup> Doctor en Ingeniería Informática, Electrónica y Eléctrica. Contacto: [amgonzalezv@uao.edu.co](mailto:amgonzalezv@uao.edu.co)

<sup>2</sup> Doctor en Ingeniería Electrónica y Eléctrica. Contacto: [oicampo@uao.edu.co](mailto:oicampo@uao.edu.co)

<sup>3</sup> Magíster en Tecnologías Biomédicas. Contacto: [ale.ramirez95@gmail.com](mailto:ale.ramirez95@gmail.com)

<sup>4</sup> Magíster en Ingeniería Biomédica. Contacto: [zemanate2530@gmail.com](mailto:zemanate2530@gmail.com)

<sup>5</sup> Doctor en Terapia Ocupacional. Contacto: [agudelo.alexander@correounivalle.edu.co](mailto:agudelo.alexander@correounivalle.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los problemas sociales, de salud y ambientales del último siglo han llevado a muchas personas en el campo de la ingeniería a pensar en cómo su experiencia puede contribuir a un mundo más equitativo. Los conceptos de ingeniería humanitaria e ingeniería basada en la comunidad son relativamente recientes, pero han ganado un amplio reconocimiento en las últimas décadas, lo que ha llevado a la creación de cursos y programas que hacen uso de una metodología de Aprendizaje-Servicio en varias universidades alrededor del mundo. Recientemente en Colombia se ha discutido sobre la necesidad de alinear la educación en ingeniería con nuestra realidad social, entendiendo su compromiso con las comunidades locales y sus problemas tecno-sociales [1, 2].

El Aprendizaje-Servicio podría definirse como una propuesta educativa que involucra servicio comunitario y procesos formales de aprendizaje [3], permitiendo al estudiante adaptarse resolver problemas de la vida real. El principal objetivo de implementar esta metodología es motivar a los estudiantes a ser mejores ciudadanos y tener sentido de pertenencia a su comunidad mientras profundizan los conocimientos adquiridos en las clases. El término tecnología de asistencia se refiere a cualquier dispositivo que se utiliza para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de personas con discapacidades [4].

También se refiere a servicios que ayudan al individuo en la selección, adquisición o uso de dichas tecnologías [5]. En Colombia, debido a obstáculos administrativos y otras deficiencias en el sistema de salud, la mayoría de los pacientes deben esperar meses para conseguir citas médicas, prótesis o incluso algunos medicamentos. Además, una gran parte de la tecnología de asistencia simplemente no está cubierta por el sistema, y los usuarios con discapacidades deben estar en capacidad de procurarse estos dispositivos y servicios por sí mismos. Para muchos pacientes cuyo ingreso es de apenas un salario mínimo, es casi imposible acceder a cualquier tipo de tecnología de asistencia comercial. Esto ha llevado a la creación de grupos que buscan empoderar a las personas para que construyan sus propias soluciones [6].

En el programa de Ingeniería Biomédica de la Universidad Autónoma de Occidente UAO, en colaboración con la Universidad del Valle, el Hospital Universitario del Valle y otras instituciones, estudiantes y profesores vienen trabajando desde hace varios años en proyectos que buscan ayudar a las personas con discapacidad para que puedan obtener dispositivos de asistencia que resuelvan sus necesidades particulares y ayuden a mejorar su calidad de vida. Al mismo tiempo, estos proyectos contribuyen formando ingenieros con sentido de responsabilidad social y alta empatía hacia las personas que necesitan ayuda.

El programa de Ingeniería Biomédica de la UAO se divide en tres áreas formativas principales: Ingeniería Biomecánica y Rehabilitación IBR, Ingeniería Clínica IC y Bioinstrumentación BI. Adicionalmente, existe un conjunto de cursos que forman parte del núcleo común de todos los programas de ingeniería. Se ha optado por incluir un componente humanitario a lo largo de varios semestres del programa, teniendo así niveles de complejidad del proyecto acorde a las habilidades adquiridas por el estudiante en las diferentes etapas de su programa académica. Las tecnologías de asistencia se han desarrollado principalmente en cursos relacionados con las áreas IBR y BI; Los resultados de aprendizaje específicos de estas áreas se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados de aprendizaje esperados específicos de las áreas de formación de IBR y BI

Área	Resultados del aprendizaje
Ingeniería Biomecánica y Rehabilitación	Aplica la tecnología médica disponible para apoyar al personal clínico en el diagnóstico, seguimiento y rehabilitación de personas con discapacidad, de acuerdo a las necesidades específicas de cada paciente. Diseña dispositivos que permitan el restablecimiento de funciones reducidas o perdidas en personas con discapacidad o con bajo rendimiento físico, en el marco de estándares legales y éticos, considerando las características del equipo y la situación particular del paciente.
Bioinstrumentación	Evalúa, diagnostica y adapta equipos médicos aplicando el conocimiento de los principios de funcionamiento electrónico, bioquímico y mecánico de los equipos, para generar soluciones correctivas pertinentes de acuerdo a las características de cada tipo de equipo. Diseña equipos médicos capaces de capturar, procesar y cuantificar señales fisiológicas como indicadores del estado de salud, para apoyo al diagnóstico, seguimiento y tratamiento de enfermedades, de acuerdo con los estándares legales y éticos para este tipo de dispositivos.

Además de estos resultados, también encontramos resultados genéricos como el ingenio, la innovación, el trabajo en equipo, el profesionalismo, la comprensión de la teoría frente a la práctica y el desarrollo personal. Estos son resultados comunes que estudios similares también han señalado previamente [7]. En este trabajo se presentarán algunos de los proyectos de tecnología de asistencia que han sido parte de cuatro cursos: Diseño de Dispositivos Biomédicos DDB, Diseño Biomecánico Asistido por Computador DBAC, Evaluación y Diseño Centrado en el Usuario en Situación de Discapacidad EDCUSD y Actividad Complementaria AC. En este capítulo se revisarán algunos de los aspectos educativos, sociales y prácticos del trabajo realizado, se darán algunos ejemplos de los proyectos desarrollados en colaboración con la comunidad, y se analizarán los resultados de una encuesta de opinión realizada a los estudiantes de estos cursos.

## **2. MÉTODO**

### **2.1 Principios rectores**

Un dispositivo biomédico siempre tendrá un impacto en la salud y la calidad de vida de su usuario. Las tecnologías de asistencia pueden marcar una gran diferencia en la forma en que los usuarios experimentan cada actividad de su vida diaria, brindándoles la oportunidad de mejorar la confianza en sí mismos y facilitar un proceso de rehabilitación. Además, como se señala en [8], las personas con discapacidades recién adquiridas deben adaptarse a los cambios en sus vidas, y la presencia de asistencia informativa y equipos de asistencia/adaptación hace que los aspectos prácticos de regresar al trabajo, la escuela y muchas otras actividades sean mucho más fáciles de lo inicialmente esperado.

Para los estudiantes de ingeniería, la experiencia de trabajar con usuarios que pueden estar en un estado vulnerable requiere consideraciones importantes, como las señaladas en [9], en la forma en que abordan al usuario y al problema. También, las soluciones siempre deben considerar el contexto social, ambiental y físico. Es por eso que, en nuestros cursos, estudiantes y profesores deben seguir los siguientes principios:

1. Tratar siempre a los usuarios con el máximo respeto.
2. Ser empático. Comprender el contexto social, personal y familiar del usuario.
3. Conocer y comprender todas las restricciones que la discapacidad del usuario puede generar.
4. Ser cautos y moderados en cuanto a los resultados esperados. No generar falsas expectativas.
5. Desarrollar productos con el mínimo impacto ambiental posible.
6. Proponer soluciones de bajo costo, robustas y de fácil mantenimiento.
7. Tener en cuenta las consideraciones legales y éticas de las soluciones propuestas.
8. Capacitar a los usuarios y sus familias. Ayudarlos a ver cómo desarrollar sus propias soluciones.
9. Buscar asesoramiento de expertos en diferentes áreas para desarrollar la mejor solución.
10. Siempre que sea posible, utilizar materiales que el usuario pueda adquirir fácilmente.

Estos principios rectores motivan a los estudiantes a comprender que no solo son proveedores de servicios o ayudantes, sino que también deben desarrollar relaciones para comprender a los usuarios en el entorno y contexto dado. Este enfoque pretende preparar a los estudiantes para que sean más empáticos y promuevan cambios positivos y duraderos, como se señala en [10].

### **2.2 Aprendizaje-servicio**

El Aprendizaje-servicio es una metodología que permite al estudiante aprender y profundizar el conocimiento mientras tiene una experiencia significativa ayudando a su comunidad. Es una oportunidad para incentivar a los profesionales formadores a ser sensibles a los problemas de su comunidad mientras ponen en práctica lo aprendido durante los diferentes cursos, teniendo como objetivo formar mejores estudiantes y ciudadanos. La experiencia de aprendizaje-servicio conlleva muchos beneficios para los estudiantes ya que pueden mejorar su comprensión de los temas del curso mientras viven experiencias del mundo real y asumen su responsabilidad ciudadana, lo que contribuye a una formación integral de los futuros profesionales.

Un ejemplo de aprendizaje-servicio es el diseño y desarrollo de tecnologías de asistencia en el programa de ingeniería biomédica. Cuando los estudiantes van a un hospital, escuchan las necesidades de los pacientes y tratan de ayudarlos a través de su conocimiento, esto podría entenderse como un servicio a la comunidad, pero cuando los estudiantes diseñan proyectos de clase, que involucran tecnología de asistencia, para satisfacer a las necesidades de estos pacientes y ayudarlos a mejorar su calidad de vida, es aprendizaje-servicio. Algunos resultados de la aplicación de esta metodología en este tipo de cursos pueden verse en [11]

Para introducir la metodología de aprendizaje-servicio en las aulas, distintos autores han definido cuatro modalidades, en función del tipo de contacto y servicio que los estudiantes tienen y ofrecen a la comunidad [12]. Según ellos, el aprendizaje-servicio podría involucrar principalmente: 1. Servicio Directo, cuando los estudiantes y un individuo necesitado están en contacto, para dar solución a la necesidad particular y 2. Servicio Indirecto, cuando el estudiante ofrece un servicio a una comunidad, pero no a un individuo. En las experiencias aquí relatadas se ha utilizado el primer enfoque.

### **2.3 Métodos de aprendizaje complementarios**

Incluir un componente humanitario en los cursos de ingeniería exige una revisión de las estrategias y métodos de aprendizaje. Estos deberían facilitar el aprendizaje de los estudiantes, así como la evaluación de la calidad del proyecto y la satisfacción del usuario. Por este motivo se implementan los siguientes métodos:

- Aprendizaje Basado en Proyectos ABP: En este método, los estudiantes adquieren conocimientos y habilidades investigando y desarrollando una solución a un problema práctico, atractivo y complejo [13].
- Blended Learning BL: Combinación de conferencias y material de cursos en línea con conferencias tradicionales en persona [14].

En los cuatro cursos, los estudiantes deben llevar a cabo proyectos que satisfagan necesidades específicas de los usuarios de la comunidad local. En la mayoría de los casos, los usuarios son personas cuyos recursos económicos no les permiten acceder a soluciones comerciales para su problema, o tienen problemas para los que actualmente no hay solución disponible. Los proyectos suelen implicar la construcción de algún tipo de dispositivo, el cual se diseña con base en ideas generadas conjuntamente por estudiantes y usuarios. Los estudiantes realizan la construcción del proyecto, con retroalimentación continua de los usuarios. En algunos casos, los usuarios también participan en la construcción del dispositivo. Un informe final documenta todos los detalles del proceso de diseño y construcción, para que luego pueda replicarse. En algunos casos, los estudiantes pueden desarrollar proyectos que no requieren la participación directa de otro usuario.

El enfoque basado en proyectos es una buena oportunidad para estrategias de evaluación alternativas. Dado que los grupos de estudiantes trabajan en diferentes proyectos, cada uno desarrollará habilidades y conocimientos algo diferentes. Por lo tanto, es importante que todos los grupos permanezcan interesados e informados sobre los proyectos de otros grupos. Por este motivo, la evaluación de proyectos en la asignatura DDB contiene un porcentaje de evaluación por pares, es decir, cada grupo evaluará la calidad del trabajo desarrollado por otros grupos, basándose en las pautas proporcionadas por el profesor.

Dada la responsabilidad de entregar productos de buena calidad a los usuarios, todos los proyectos requieren supervisión constante y reuniones con los tutores. Para poder dedicar más tiempo a las tutorías personales durante las clases, muchos conceptos teóricos de DDB, DBAC y AC se imparten mediante material online. Esto incluye lecturas y vídeos realizados o seleccionados por los profesores y, siempre que sea posible, acceso a material de diseño de proyectos similares de cursos anteriores. En DBAC, los estudiantes publican actualizaciones periódicas de sus proyectos en un blog, que es revisado por el profesor.

### **2.4 Laboratorios y colaboraciones**

Para los proyectos realizados a través de estos cursos, los estudiantes y usuarios tienen acceso a instalaciones de varias instituciones. Los lugares principales donde se han llevado a cabo los procesos de diseño, fabricación y evaluación son el Fablab Cali de UAO y el Laboratorio de Tecnología Asistiva de UniValle.

FabLab Cali fue fundado en 2012 y es un espacio abierto a todas las personas que quieran compartir sus habilidades y experiencias para contribuir en la solución de problemas locales mediante el desarrollo de productos utilizando técnicas de fabricación digital. La población objetivo de Fablab Cali abarca desde niños de primaria hasta artesanos, técnicos, ingenieros, *makers* y profesionales de diversos campos. A lo largo de los años se ha impartido formación en fabricación digital a más de 1.500 personas y estudiantes de diferentes escuelas e institutos en el Fablab. Con el apoyo de la empresa privada y el gobierno regional se han creado tres FabLabs más en Cali y Buenaventura. Fablab Cali ha participado en proyectos dedicados a mejorar el acceso y conocimiento de las tecnologías digitales para comunidades de bajos recursos.

El Laboratorio de Tecnología de Asistencia es parte de la Escuela de Rehabilitación Humana de la Universidad del Valle. El trabajo en el laboratorio se centra en ayudar a cuidadores, familiares y personas en situación de discapacidad para ayudarlos a tener mayor autonomía en las actividades diarias y mejorar su calidad de vida. Este objetivo se logra a través de dos estrategias.

El primero es la construcción de productos de asistencia (ayudas técnicas) de bajo costo, la mayoría elaborados con materiales y elementos reciclados o reutilizables (madera, cartón, PVC, repuestos de computadores y celulares, etc.). El segundo es brindar asesoramiento e información sobre tecnologías de asistencia a los usuarios que la soliciten. El laboratorio ha trabajado en proyectos con Handicap International, y también ha desarrollado proyectos con el gobierno local, creando ayudas técnicas para programas de educación inclusiva.

Numerosas organizaciones han brindado su colaboración en diferentes proyectos. Algunos de los proyectos han recibido financiación del gobierno local o de fundaciones y empresas privadas. Algunas fundaciones nos han brindado la oportunidad de trabajar con ellas y ayudar a sus usuarios, que incluyen personas mayores, niños enfermos, personas con discapacidad y población vulnerable en general. Los hospitales locales también nos han brindado la oportunidad de trabajar con sus pacientes y profesionales de la salud.

## **2.5 Tecnología asistiva en Aprendizaje-servicio: Un esfuerzo interdisciplinario**

El diseño de dispositivos de asistencia suele ser específico para el usuario y requiere equipos interdisciplinarios de profesionales sanitarios, ingenieros, psicólogos y trabajadores sociales. El diseño específico para el usuario puede ser una gran oportunidad para que los usuarios participen activamente, proponiendo soluciones y tomando parte en el proceso de fabricación. La amplia gama de actividades en las que una persona con discapacidad puede tener que recuperar su funcionalidad (por ejemplo, movilidad, autocuidado, comunicación, vida doméstica, etc.) crea también una amplia variedad de soluciones de ingeniería. Así, los ingenieros biomédicos suelen integrar conocimientos con los ingenieros de otros campos:

- Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones: Muchos dispositivos requieren el uso de sensores y actuadores electrónicos, comunicaciones inalámbricas/por cable y sistemas integrados.
- Ingeniería Mecánica: Las deficiencias de movilidad, ya sea relacionadas con las habilidades motoras gruesas o finas, pueden requerir el uso de varios tipos de ayudas ortopédicas/protésicas.
- Ingeniería Informática: Hoy en día muchas actividades diarias requieren de la interacción con computadores, *smartphones* o tabletas. Por ello, se ha desarrollado software especializado para ayudar con determinadas discapacidades.

## **2.6 Cursos en los que se ha aplicado la metodología**

### **2.6.1 Actividad complementaria**

En la Facultad de Ingeniería de la UAO muchos comparten una estructura curricular similar durante la etapa básica (semestres 1 a 6). Dentro de esta etapa, en diferentes semestres dependiendo del programa, se ofrece la asignatura obligatoria llamada Actividad Complementaria. Este curso brinda a los estudiantes la oportunidad de realizar actividades que mejoren habilidades como el trabajo en equipo, el aprendizaje independiente, el pensamiento crítico, las habilidades de gestión, el liderazgo y la creatividad. Las actividades

son elegidas libremente por los estudiantes entre una amplia variedad presentada por profesores de todos los programas de ingeniería. Este curso se caracteriza por su enfoque interdisciplinario, ya que se forman equipos con estudiantes de diferentes programas.

### **2.6.2 Diseño de dispositivos biomédicos**

Este es un curso obligatorio que se ofreció hasta hace poco. Actualmente ha sido reemplazado por los cursos de Diseño Biomédico 1 y 2, pero la estructura, contenidos y metodologías se han mantenido de manera similar. En este curso, los estudiantes aplican métodos estructurados para el desarrollo de dispositivos biomédicos; integrando los requisitos de investigación, diseño, fabricación y un mercado altamente regulado para crear un producto. Los estudiantes que participaron en este caso de estudio realizaron dos proyectos, el primero P1, tenía una orientación completamente humanitaria, mientras que el segundo P2, también podía tener orientaciones comerciales o de investigación.

En P1, el objetivo fue analizar, (re)diseñar y construir un dispositivo de apoyo de bajo coste que ayude a personas con discapacidad en sus actividades diarias, el cual debía construirse con materiales fácilmente disponibles cuyo costo total no debía exceder aproximadamente los doscientos mil pesos. Los estudiantes podían diseñar el dispositivo sin involucrar a un usuario específico, pero se les animó a buscar personas que pudieran beneficiarse de estos dispositivos y trabajar junto a ellos en el proceso de diseño y desarrollo. Como se puede deducir de las restricciones presupuestarias, estos dispositivos no son de gran complejidad en su construcción, pero sí requieren de un diseño personalizado que satisfaga cuidadosamente las necesidades del usuario.

Una vez terminados, los dispositivos fueron donados al usuario, y se requirió que los estudiantes presentaran un informe final que incluyera: a) introducción al problema, b) lista de materiales, c) guía de fabricación paso a paso, d) presupuesto, y e) reflexiones sobre el proyecto. Estos informes se compilaron y pusieron a disposición de otros usuarios o estudiantes que necesiten replicar el dispositivo. Habitualmente, los proyectos P2 tuvieron orientaciones comerciales o de investigación, pero también hubo casos en los que los estudiantes optaron por el enfoque humanitario.

### **2.6.3 Diseño biomecánico asistido por computador**

Este curso es una materia optativa de Ingeniería Biomédica. El curso presenta el modelado 3D y el análisis de simulación de elementos finitos para aplicaciones ortopédicas y protésicas mediante el uso de herramientas computacionales. Se espera que los estudiantes modelen, analicen, diseñen y fabriquen órtesis, prótesis y dispositivos de asistencia destinados a mejorar la movilidad de personas con discapacidad. Los contenidos teóricos se imparten a través de una plataforma online, mientras que los trabajos prácticos requieren encuentros personales entre alumnos/profesor/usuarios.

Se convoca a los estudiantes a proponer un proyecto ya sea basado en un problema general conocido o en una necesidad particular de alguna de las fundaciones con las que hemos trabajado. Los proyectos también pueden surgir de contactos de los estudiantes. Todos los proyectos son evaluados previamente para analizar su viabilidad, alcance, medios de financiación.

### **2.6.4 Evaluación y diseño centrados en el usuario en situación de discapacidad**

Este curso también es opcional. Mientras que DDB y DBAC tienen un enfoque más orientado a la ingeniería, este curso está orientado desde el punto de vista de la terapia ocupacional, sin perder el contexto de la ingeniería. Durante el curso, los estudiantes aprenden y aplican una metodología de evaluación estructurada en el desarrollo de soluciones a problemas de salud relacionados con la discapacidad. La evaluación de las condiciones físicas, cognitivas y sensoriales se realiza con usuarios del Laboratorio de Tecnología Asistiva, donde colaboran estudiantes de Ingeniería Biomédica con estudiantes de Terapia Ocupacional de UniValle.

Durante el curso se desarrollan tres ayudas técnicas por grupo. Cada grupo trabaja con un usuario. El diseño y desarrollo del dispositivo implica siempre la participación activa del usuario. Se anima a los estudiantes a



utilizar materiales de bajo costo y buscar soluciones innovadoras que sean fáciles de usar y mantener. Los dispositivos se entregan al usuario al final del curso en un evento que presenta todos los proyectos.

## 2.7 Encuestas de opinión estudiantil

Se desarrolló y aplicó una encuesta a 55 personas entre estudiantes activos, egresados, y estudiantes en proceso de graduación que ya habían tomado al menos uno de los cuatro cursos antes mencionados, con el fin de conocer sus opiniones, sugerencias y perspectivas sobre los métodos de aprendizaje, los proyectos y los conocimientos adquiridos durante cada curso. Se exceptuó el curso de actividad complementaria, ya que este es muy heterogéneo tanto en actividades como en los grupos estudiantiles conformados (se encuentran estudiantes de todas las ingenierías), y esto más complejo el análisis. La mayoría de los encuestados fueron estudiantes de ingeniería biomédica del último semestre o que se encontraban en espera de su graduación. La mayoría de ellos habían cursado al menos dos de los cursos.

Para conocer el impacto de cada curso en su formación profesional y personal, se les preguntó sobre los aspectos positivos y negativos de sus experiencias en cada materia, y se solicitaron sugerencias que pudieran ayudar a mejorar la experiencia de aprendizaje de futuros estudiantes. Es importante mencionar que se entregó una lista de aspectos positivos para que los encuestados tuvieran la oportunidad de elegir los que consideraban mejor aplicados a sus experiencias, y también tuvieron la oportunidad de escribir comentarios libres.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Proyectos realizados

#### 3.1.1 Actividad complementaria

- Identificación de necesidades en fundaciones benéficas para personas con discapacidad en Cali: Aunque durante años nuestro equipo había trabajado con varias organizaciones, existía la necesidad de crear una base de datos que proporcionara una fuente continua de información para futuros proyectos y desarrollar una visión general de posibles soluciones asistenciales de bajo costo que podrían llegar a una población mayor. Los estudiantes recopilaron información mediante encuestas, fotografías y grabaciones de video de 12 instituciones.
- Desarrollo de ayudas para niños con discapacidad en Fundación Fundamor: Este proyecto implicó trabajar en colaboración con fisioterapeutas y otros profesionales de Fundación Fundamor y consistió en la creación de mobiliario para corrección postural o de apoyo a las actividades escolares y aparatos ortopédicos para ayudar en las diferentes actividades diarias de los niños.
- Prótesis veterinarias: En este proyecto, los estudiantes trabajaron junto con los dueños de mascotas con discapacidades motoras para diseñar dispositivos que les permitieran mejorar su movilidad utilizando tecnologías y materiales de fácil acceso y bajo costo. La respuesta de los estudiantes y dueños de mascotas fue bastante positiva, aunque este campo aún está poco explorado y requiere más investigación para obtener resultados más sólidos.

#### 3.1.2 Diseño de dispositivos biomédicos

- Un puntero informático para ayudar a las personas con lesiones de la médula espinal.
- Dispositivo para facilitar la abducción del miembro inferior en personas con parálisis espástica (Figura 1a).
- Peine especial para pacientes con dedos faltantes.
- Adaptación de tabla de cortar de cocina para personas con amputación de un brazo.
- Adaptación de una silla de ruedas para un usuario con amputación bilateral de cadera, para mejorar la estabilidad y movilidad (Figura 1b).

### 3.1.3 Diseño biomecánico asistido por computador

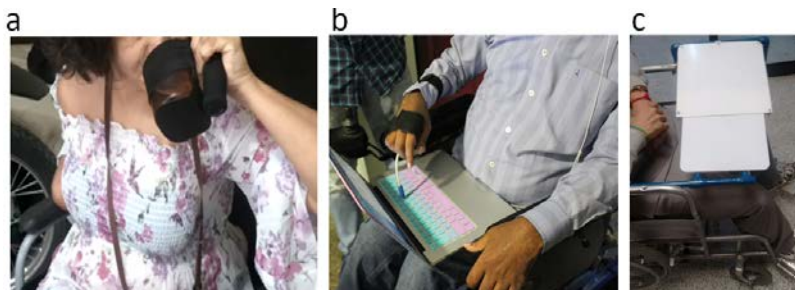
- Silla portátil para permitir la posición sentada de un niño con parálisis cerebral.
- Dispositivo para mejorar la movilidad de una mujer con síndrome post-poliomielitis (Figura 1c).
- Adaptación de pedales a silla de ruedas convencional para un paciente con parálisis cerebral.



**Figura 1.** Proyectos DDB y DBAC: a) Dispositivo para facilitar la abducción del miembro inferior para personas con parálisis espástica. b) Adaptación de silla de ruedas para un usuario con amputación bilateral de cadera, para mejorar la estabilidad y movilidad. c) Dispositivo para mejorar la movilidad de una mujer con síndrome post-poliomielitis

### 3.1.4 Evaluación y diseño centrados en el usuario en situación de discapacidad

- Dispositivos para sujetar vasos y hamburguesas para un paciente con parálisis cerebral (Figura 2a).
- Dispositivo para agarrar objetos lejanos para un paciente en silla de ruedas.
- Ayuda para mejorar el agarre del lápiz en un paciente con artritis reumatoide.
- Dispositivo para escribir en el teclado de un computador para un paciente con movilidad reducida en sus manos (Figura 2b).
- Adaptación de mesa plegable para sillas de ruedas (Figura 2c).



**Figura 2.** Proyectos EDCUSD: a) Dispositivos de sujeción de tazas y vasos para un paciente con parálisis cerebral. b) Dispositivo de escritura en teclado de computador para paciente con movilidad reducida en sus manos. c) Adaptación de mesa plegable para sillas de ruedas

## 3.2 Resultados de las encuestas estudiantiles

La mayoría de los encuestados consideraron que tener la oportunidad de desarrollar proyectos dirigidos a servir a la comunidad contribuye a su formación profesional como ingenieros biomédicos, como se puede ver en algunos de sus comentarios:

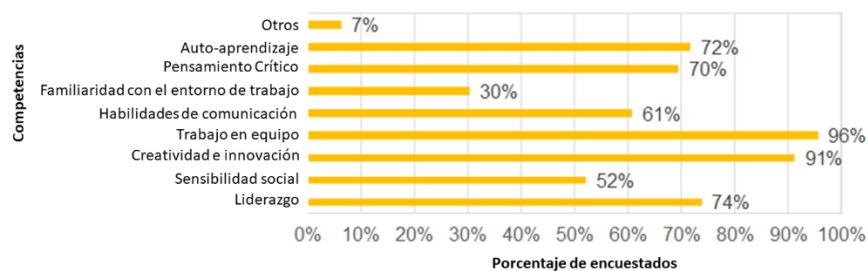
- *La ingeniería biomédica es un programa que va dirigida a mejorar la calidad de vida de las personas, de esta manera estar en contacto con casos reales, mientras estudias, permite generar conciencia social y motiva al estudiante porque sabe que sus proyectos realmente están ayudando a alguien.*
- *Servir a la comunidad no solo contribuye a nuestra formación profesional sino a la integral, social y culturales porque adquirimos habilidades y valores realmente significativos a la hora de ayudar a los demás. Además, al trabajar con la comunidad hay espacios donde tenemos que desarrollar soluciones útiles y reales y no solo actividades académicas.*

- *Resolver problemas es función de la ingeniería y en el caso de la ingeniería biomédica es resolver problemas con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas, y servir a la comunidad es importante para contribuir a ayudar a las personas que lo necesitan y al progreso tecnológico del país.*

Los resultados por materia se presentan a continuación.

### 3.2.1 Diseño de dispositivos biomédicos

- *Aspectos positivos.* Como se observa en la Figura 3, más del 90% de los encuestados que cursaron Diseño de Dispositivos Biomédicos, consideraron que el curso promueve mayoritariamente en los estudiantes aspectos positivos como el trabajo en equipo y la creatividad e innovación. Además, alrededor del 70% considera que este curso promueve el liderazgo, el pensamiento crítico y el autoaprendizaje, pero no aporta mucho en la familiarización con el mundo laboral, lo que podría atribuirse a que los estudiantes no están en contacto con pacientes o con un entorno laboral.



**Figura 3.** Resultados de las encuestas para el curso Diseño de Dispositivos Biomédicos

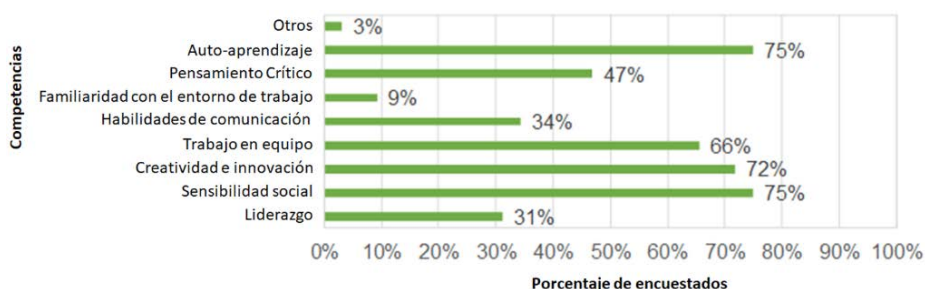
Estos son algunos comentarios:

- *Se integran diferentes conocimientos para lograr soluciones integrales que bien ejecutadas podrían ayudar a cubrir necesidades más específicas.*
- *El conocimiento y profundización de temas que no se han abordado o se han olvidado durante el programa contribuye a una buena ejecución del proyecto.*
- *Aspectos negativos y sugerencias.* Considerando que varios de los encuestados participaron en ediciones del curso en que no se estableció obligatoriamente un proyecto que partiera de un problema expresado por un paciente, muchos estudiantes dijeron que sería una buena experiencia tener un contacto directo con alguien que se pudiera beneficiar del dispositivo y desarrollar un proyecto para cubrir dichas necesidades. Además, propusieron tener un grupo de estudiantes de diferentes programas y semestres que trabajaran juntos para conseguir una solución más elaborada.
  - *No hay un contacto directo con un paciente, lo cual no permite que el estudiante se sienta plenamente motivado para ejecutar un proyecto que beneficie a alguien sino solo un proyecto que le dé una nota.*
  - *Sería interesante trabajar en un proyecto con estudiantes de diferentes semestres. Por ejemplo, tomar a alguien de diseño de dispositivos biomédicos como líder de un grupo compuesto por estudiantes de primero, quinto, séptimo semestre, que podrían desarrollar un proyecto más grande y que ese proyecto pudiera ayudar con problemas de personas reales.*

### 3.2.2 Diseño biomecánico asistido por computador

- *Aspectos positivos.* El diseño biomecánico asistido por computador es un curso virtual, por lo que cerca del 75% de los encuestados que lo tomaron lo consideraron un incentivo al autoaprendizaje (Figura 5). Además, más del 65% de las personas cree que este curso les ayuda a mejorar aspectos como la sensibilidad social, el trabajo en equipo, la creatividad, y la innovación. Algunos de sus comentarios se presentan a continuación.
  - *Contribuye al uso de diferentes softwares de diseño que son realmente útiles para ejecutar proyectos que ayuden a resolver algunos problemas de la comunidad.*

- *Es un buen curso porque permite tener un buen manejo de un software que permite diseñar dispositivos personalizados para ayudar a las personas que lo necesitan.*

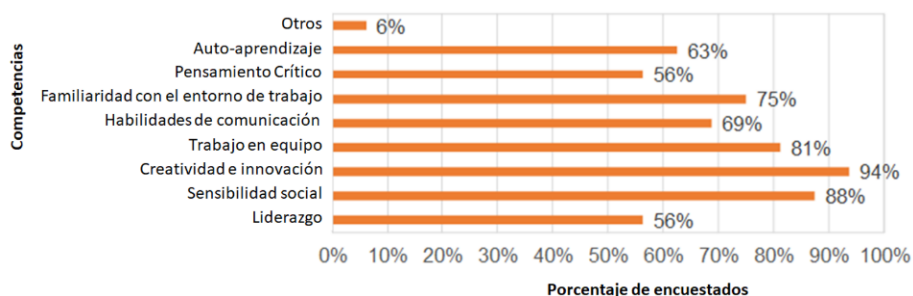


**Figura 5.** Resultados de las encuestas para el curso de Diseño biomecánico asistido por computador

- *Aspectos negativos y sugerencias.* Al ser un curso virtual, muchos de los estudiantes no tuvieron la facilidad de trabajar con pacientes y esa podría ser la razón por la que solo el 9% de los estudiantes consideró que el curso promueve la familiarización con las habilidades comunicativas y laborales. Muchos de los encuestados expresaron que el curso solo sirve para enseñar el manejo de softwares de diseño y para mejorarlo dieron las sugerencias que se presentan a continuación.
  - *Es un curso virtual que más que evaluar o enseñar un tema con impacto real, sirve para mejorar el manejo de softwares de diseño y simulación.*
  - *Sería bueno que la universidad cree una base de datos con la información de los diferentes pacientes, una breve descripción del problema de ingeniería y si es posible el número de contacto para que los estudiantes puedan trabajar en necesidades específicas.*

### 3.2.3 Evaluación y diseño centrado en el usuario en situación de discapacidad

- *Aspectos positivos.* Vemos en la Figura 6 que para el 94% de los encuestados, que han cursado Evaluación y diseño para discapacidad centrado en el usuario, lo consideran como un curso donde se promueve la creatividad y la innovación. Además, más del 80% piensa que el curso crea sensibilidad social y fomenta el trabajo en equipo, y el 75% considera que es una buena forma de familiarizarse con el mundo laboral. En general todos los comentarios sobre el curso fueron positivos. Es sorprendente que se hayan desarrollado varios proyectos simples de bajo costo porque permite a los estudiantes darse cuenta de que pequeños gestos pueden generar grandes cambios en la vida de alguien. Es un curso increíble porque tenemos la oportunidad de hacer labor social y desarrollar proyectos para la comunidad.



**Figura 6.** Resultados de las encuestas para el curso de Evaluación y diseño para discapacidad centrado en el usuario.

- *Aspectos negativos y sugerencias.* A pesar de que más del 50% de las personas consideran que el curso es positivo en todos los aspectos, algunos consideran que el tiempo dedicado a los pacientes no es suficiente para tomar las medidas necesarias para construir el dispositivo y realizar los ajustes. No hay muchas oportunidades para compartir con los pacientes entonces es más difícil hacer ajustes o mejoras a los dispositivos. La universidad debería tener más convenios con diferentes entidades.
- *Resultados de aprendizaje generales y específicos.* Para evaluar el logro de los resultados de aprendizaje generales y específicos correspondientes al programa de Ingeniería biomédica adquiridos durante los cursos mencionados anteriormente, se incluyeron preguntas que permitieron conocer si los estudiantes

consideran que los temas, proyectos y metodología del programa contribuyen a su desempeño profesional y crecimiento personal con las competencias propuestas por la universidad.

En cuanto a las competencias generales cada curso fue evaluado con los mismos ítems. Los resultados se muestran a continuación y fueron normalizados respecto de la cantidad total de encuestados que tomaron cada curso y además consideraron que tuvieron una experiencia de Aprendizaje-servicio en el desarrollo de los proyectos.

- *Competencias generales.* La Figura 7 muestra que, en general, la mayoría de los encuestados consideró que en todos los cursos se enseña y se incentiva a utilizar la tecnología existente para ayudar a compensar las discapacidades encontradas en los pacientes, correspondiendo a valores entre 53% y 81%. Además, más de la mitad consideró que todos los cursos, excepto Evaluación y diseño centrado en el usuario en situación de discapacidad, estimulan el desarrollo de dispositivos para compensar discapacidades, siendo el que más contribuye a esta competencia, ingeniería de rehabilitación para la que se obtuvieron el 88% de respuestas positivas.

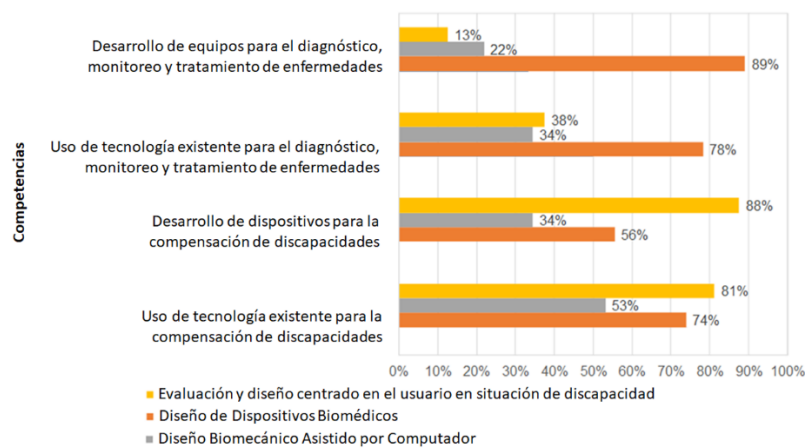


Figura 7. Resultados de las encuestas en competencias generales para los tres cursos

Asimismo, el 89% de los estudiantes que cursaron el programa de diseño de dispositivos biomédicos consideró que les permitió aprender a desarrollar dispositivos para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de enfermedades, y el 78% consideró que también les incentiva a utilizar la tecnología existente para ello. Por el contrario, solo el 22% y el 34% de los que tomaron diseño biomecánico asistido por computador piensan que contribuyó respectivamente a estas competencias.

Se puede notar que los estudiantes consideran que las materias de ingeniería de rehabilitación y evaluación y diseño para discapacidad centrado en el usuario están enfocadas en la compensación de discapacidades ya sea utilizando tecnología existente o mediante el desarrollo de nuevos dispositivos, mientras que el diseño de dispositivos biomédicos se centra más en el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de enfermedades. Además, no muchos de ellos piensan que el curso de diseño biomecánico asistido por computador contribuya a alcanzar las competencias mencionadas.

- *Competencias específicas.* Considerando las respuestas de la Figura 8, es posible concluir que los estudiantes consideran que el diseño de dispositivos biomédicos y la ingeniería de rehabilitación son los que más contribuyen al logro de todas las competencias específicas propuestas por la universidad para el programa de Ingeniería biomédica debido a que en todas las competencias que tenían más del 72% de los estudiantes que las tomaron respondieron positivamente. Además, el curso Evaluación y diseño centrado en el usuario en situación de discapacidad contribuye mucho a la mayoría de las competencias, excepto el dominio del idioma inglés y la cultura tecnológica, para las cuales menos del 40% de los estudiantes respondieron positivamente.

Por otro lado, se puede notar que los estudiantes consideran que el diseño biomecánico asistido por computador no contribuye en la mayoría de las competencias, debido a que el porcentaje máximo de respuesta positiva no es mayor al 81% (identificación y solución de problemas de diseño) y algunas de las

otras competencias como dominio del idioma, pensamiento crítico y formulación y desarrollo de proyectos, no superan el 50% de los encuestados.

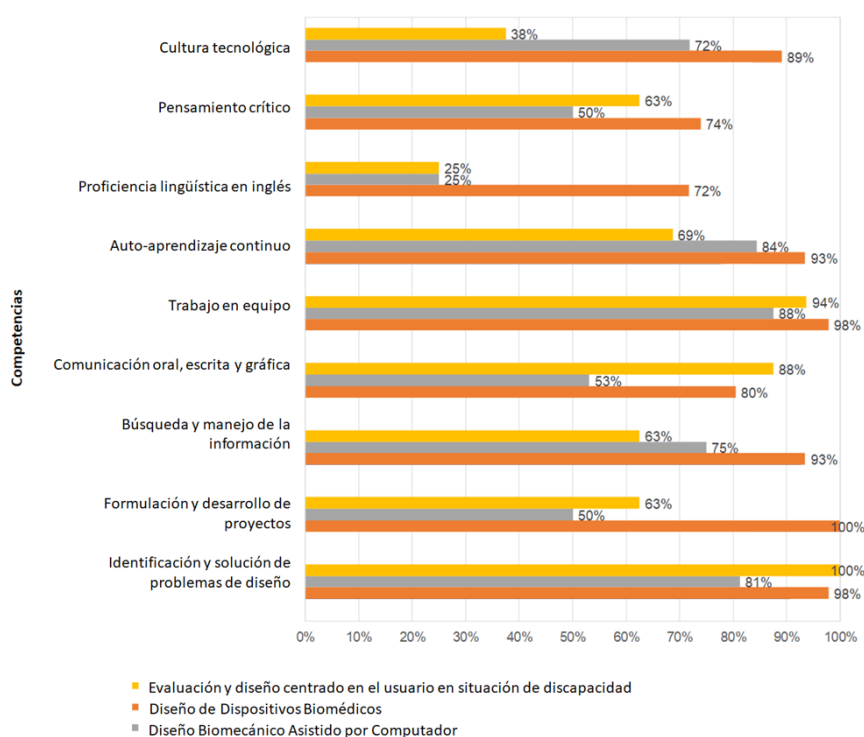


Figura 8. Resultados de las encuestas en competencias específicas para los tres cursos

#### 4. CONCLUSIONES

El desarrollo de tecnología de asistencia requiere un enfoque interdisciplinario. Por ello, siempre será bienvenida la participación de ingenieros de diferentes ramas como la ingeniería eléctrica, de comunicaciones, mecánica e informática. En el curso de Actividad Complementaria se permite la participación de todos los campos de la ingeniería y se buscan proyectos que aprovechen las competencias de los diferentes perfiles de ingeniero. Los demás cursos descritos en el apartado 6 se aplican únicamente a ingenieros biomédicos, quienes deben integrar conocimientos de diferentes ramas de la ingeniería dependiendo de los requisitos de cada proyecto.

Es importante aclarar que la propuesta de valor de los proyectos presentados aquí se basa no solo en el bajo costo de los productos desarrollados, sino, más importante aún, en el enfoque comunitario y específico para el usuario utilizado. Este enfoque, junto con una documentación cuidadosa del proceso de desarrollo, busca empoderar a las personas con discapacidad para que desempeñen un papel activo en la creación de sus propias soluciones.

Ha sido gratificante ver la recepción positiva que han tenido estos proyectos por parte de los estudiantes y la comunidad. Muchos estudiantes han expresado que ha sido muy importante para ellos ver cómo su trabajo puede cambiar la vida de otras personas, y darse cuenta de que a veces problemas que parecen difíciles se pueden resolver con dispositivos simples y de bajo costo. Las fundaciones colaboradoras han puesto de relieve las capacidades técnicas y las cualidades humanas de los estudiantes implicados. Algunos de los proyectos han tenido cobertura en periódicos y televisiones locales.

Para continuar mejorando este trabajo, se ha creado un *semillero de investigación* (es decir, un grupo de estudiantes que trabajan en actividades de investigación básica desde los primeros semestres de su programa). Algunos objetivos de este grupo son recopilar y analizar información sobre las necesidades más importantes de la comunidad local de discapacitados, buscar y sistematizar información de soluciones ya existentes a estas necesidades y proponer diseños que puedan abaratar el coste de estas soluciones o adaptarlas a casos particulares. Los autores también tienen planes de integrar varios aspectos de este enfoque comunitario en otros cursos y proyectos que involucran varios programas de ingeniería en la UAO.

**Reconocimientos**

Los autores agradecen a los usuarios y estudiantes que han dedicado su tiempo, trabajo y paciencia para sacar adelante con éxito todos estos proyectos. Asimismo, todo el apoyo brindado por Hospital Universitario del Valle, Hospital Infantil Club Noel, Fundación El Cottolengo Del Padre Ocampo, Fundación Fundamor, Fundación Hogares Bambi-Chiquitines, Fundación Carvajal, Fundación Somos Pacífico, ARL SURA, Asociación de Sordos del Valle ASORVAL, Handicap International, Secretaría de Educación Municipal y Secretaría de Desarrollo Económico de la Alcaldía de Cali, y las demás instituciones que han colaborado en el estudio.

## REFERENCIAS

- [1] Reina J. et al. (2015). Ingenio y sociedad: Hacia una educación de ingeniería humanitaria en Colombia. En Encuentro Int. Educ. en Ing. ACOFI.
- [2] UniMinuto. (2018). Ingenieros sin fronteras Colombia. Recuperado: <https://isfcolombia.uniandes.edu.co/>
- [3] Puig J. et al. (2006). *Aprenentatge servei: Educar per a la ciutadania*. Ed. Octaedro.
- [4] Brenes C. y de los Ángeles M. (2012). La tecnología asistiva como disciplina para la atención pedagógica de personas con discapacidad intelectual. Omega.
- [5] Bodine C. (2013). *Assistive technology and science*. Sage.
- [6] Fundación Todos Podemos Ayudar. (2018). *Ayudas para todos*. Recuperado: <http://ayudasparatodos.org/>
- [7] Nassar A. et al. (2016). Student outcomes of short-term international humanitarian engineering fieldwork. En IEEE Frontiers in Education Conference (FIE).
- [8] Cooper R. (1995). *Rehabilitation engineering applied to mobility and manipulation*. Institute of Physics Pub.
- [9] Kevin M. (2016). *Humanitarian engineering: Advancing technology for sustainable development*. Bede Publishing.
- [10] Ba-Aoum M. (2016). Comprehensive model for fostering humanitarian engineering education. En IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC).
- [11] González A. et al. (2018). Aprendizaje-Servicio como soporte a la enseñanza en un curso avanzado de Ingeniería Biomédica. En Serna E. (ed.), *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI* (pp. 417-424). Instituto Antioqueño de Investigación.
- [12] Serrano L. y Roig A. (2018). *Aprendizaje-servicio (ApS): Claves para su desarrollo en la universidad*. Ediciones Octaedro.
- [13] Del Valle Á. (2018). *El aprendizaje basado en problemas: Una propuesta metodológica en educación superior*. Narcea Ediciones.
- [14] González M. et al. (2017). Aplicación de las TIC en modelos educativos blended learning: Una revisión sistemática de literatura. *Sophia* 13(1), 144-154.



# Interdisciplinariedad en un programa de formación inicial de profesores de matemáticas: Un estudio documental

Alexander Castrillón-Yepes<sup>1</sup>  
Paula Andrea Rendón-Mesa<sup>2</sup>  
Jhony Alexander Villa-Ochoa<sup>3</sup>  
*Universidad de Antioquia, Colombia*

En una sociedad compleja y globalizada, los retos y los problemas exigen una atención que trascienda las fronteras disciplinarias. Para hacerlo, diversos investigadores y actores de política pública han defendido la integración de la interdisciplinariedad en la formación profesional, la investigación y el mundo laboral. La formación de profesores ha sido un foco de interés, ya que desempeñan un papel crucial en la incorporación de la interdisciplinariedad en la cotidianidad escolar. Actualmente, en educación matemática, el estudio de programas, estrategias y procesos que contribuyan a este propósito es un tema de debate e investigación. Por tanto, a partir de un análisis de contenido a los documentos curriculares, este estudio tiene como objetivo identificar las oportunidades que tiene un programa de licenciatura para promover la interdisciplinariedad en la formación inicial de profesores de matemáticas. Se realiza un proceso de codificación, a partir del cual se consolidan dos categorías: una referida a las oportunidades en relación con los *roles de la interdisciplinariedad en la formación inicial de profesores de matemáticas*, y otra en relación con *estrategias y lugares donde puede tener presencia la interdisciplinariedad*. Entre los resultados se plantea que el programa tiene oportunidades para promover la interdisciplinariedad como objeto de/para la investigación, orientadora de estrategias de enseñanza y fin de la formación; además, se resaltan las oportunidades actuales y potenciales en diferentes espacios específicos del programa. Los resultados sugieren que es necesaria mayor claridad conceptual y metodológica en términos de la presencia de la interdisciplinariedad en el programa, y de explorar otros medios y fuentes que permitan reconocer vías en las que pueda tener presencia.

---

<sup>1</sup> Licenciado en Matemáticas y Física, y Estudiante de doctorado en educación. Contacto: [alexander.castrillony@udea.edu.co](mailto:alexander.castrillony@udea.edu.co)

<sup>2</sup> Licenciada en Matemáticas y Física, Magíster en Educación y Doctora en Educación. Contacto: [paula.rendon@udea.edu.co](mailto:paula.rendon@udea.edu.co)

<sup>3</sup> Licenciado en Matemáticas y Física, Magíster en Educación y Doctor en Educación. Contacto: [jhony.villa@udea.edu.co](mailto:jhony.villa@udea.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los rápidos desarrollos en los ámbitos científicos, tecnológicos, sociales y culturales demandan la superación de una mirada netamente disciplinar para contemplar las posibilidades que ofrece el trabajo entre diferentes disciplinas. La educación ha ocupado un lugar especial en la discusión con respecto a la integración de diferentes disciplinas, ya que se le asigna la tarea de preparar personas que puedan asumir retos en el ámbito profesional; pero, también, porque se considera que, al promover vínculos entre disciplinas se posibilitan aprendizajes y solución de problemas. En esta línea, parte del discurso en educación se ha concentrado en la interdisciplinariedad como fundamento de estas relaciones.

La interdisciplinariedad ha tenido diversas comprensiones en educación [1, 2]. En una reciente revisión de literatura [2], los investigadores encontraron que, aun cuando hay acuerdo en que la interdisciplinariedad refiere a la interacción entre al menos dos disciplinas, es necesario reflexionar acerca de los elementos comunes en las conceptualizaciones del término y los matices que estos presentan. En este sentido, los autores reconocen tres categorías: proceso, integración disciplinar y solución a problemas complejos. En términos del proceso, se menciona que la interdisciplinariedad determina maneras de pensar y hacer; con respecto a la integración disciplinar, se destaca que es un nivel de integración donde hay cooperación e interacción entre disciplinas, en esta alusión también se emplean términos como *intercambio* o *interrelación*; por último, las relaciones entre disciplinas se ponen al servicio de la solución de problemas, a partir de aspectos como leyes, teorías, hechos, conceptos, métodos, saberes, entre otros.

En esas tres categorías, el interés por promover la interdisciplinariedad genera cuestionamientos por los roles de las disciplinas y la especialización del conocimiento, la naturaleza disciplinar, y las relaciones entre las disciplinas. Aunque aún no es claro en la literatura cuáles son las acciones que implica la interdisciplinariedad como proceso, en [3] se defiende que, en función de los problemas que se pretendan resolver, el conocimiento disciplinar y la interdisciplinariedad pueden verse como complementarios. Asimismo, en [4, 5] se arguye que la historia de la ciencia muestra que la especialización del conocimiento (enfocado en la parcelación de la realidad y los conocimientos que sobre ella se producen) y la interdisciplinariedad (como intento de traspasar las barreras entre las disciplinas) se pueden complementar. Esta visión complementaria admite un ámbito en el que se respeta la identidad disciplinar, se reconoce su carácter dinámico y cambiante, al tiempo que se manifiestan esas relaciones, intercambios o interrelaciones entre disciplinas.

En términos de la interdisciplinariedad también existe una discusión en torno a la enseñanza y el aprendizaje de disciplinas específicas. En especial, en el campo de la educación matemática se han planteado discusiones frente a la relación y las contribuciones del conocimiento específico para la enseñanza (matemáticas) y la interdisciplinariedad [6]. En estas discusiones, la presencia de la interdisciplinariedad, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de las matemáticas, se justifica a partir de aspectos históricos, epistemológicos, curriculares y por los resultados de la propia investigación en educación matemática, ya que, desde sus orígenes, las matemáticas han tenido relaciones con otras disciplinas como la filosofía, la física, la astronomía. Estas relaciones han enriquecido tanto la comprensión de las matemáticas como su desarrollo.

Aunque el conocimiento disciplinar aboga por una especialización, verlo en complementariedad con la interdisciplinariedad ofrece una oportunidad no solo para profundizar en la disciplina misma, sino también, para co-construirse y expandirse con otras disciplinas escolares. En Colombia, se propone que en la Educación Básica y Media (6-18 años) el pensamiento matemático puede desarrollarse a partir de problemas externos a las matemáticas, los cuales brindan contextos interdisciplinarios de interés [7].

Sin embargo, estudios recientes sugieren no reducir la interdisciplinariedad solo al uso de contextos sino, explorar otras oportunidades en relación con procesos, complementariedades, finalidades, desarrollo de capacidades, conocimientos e impactos [8, 9]. Aun cuando la interdisciplinariedad es un aspecto clave en el desarrollo del pensamiento matemático [7], se requiere promover en la enseñanza de las matemáticas y la formación de profesores otras relaciones, no solo en la ilustración de aplicaciones, sino en la colaboración entre disciplinas para la resolución de problemas.

Uno de los actores clave para integrar la interdisciplinariedad en educación son los profesores; por tanto, su formación, comienza a ser el centro en diferentes investigaciones [1, 10]. En los programas de formación de profesores confluyen procesos, procedimientos, conocimientos y perspectivas de múltiples disciplinas que vale la pena reconocer. Un estudio reciente [11] informa que en el plan de estudios de un programa de formación de profesores de filosofía se reconocen modos de interdisciplinariedad entre la pedagogía y la filosofía.

Los autores reportan que existen diferentes propuestas de modelos para la articulación curricular según el rol de cada disciplina en las relaciones que se promueven, a partir de ello afirman que, si bien en algún momento de su programa se promovió un currículo integrado (a partir de espacios concretos del plan de estudios que procuraban relaciones entre disciplinas con objetos comunes de indagación), la nueva versión del plan de estudios optó por un currículo disciplinar (donde se procuró distinguir las disciplinas para fortalecerlas), sin que ello implique la ausencia de interdisciplinariedad. El autor plantea que *el currículo disciplinar, por sí mismo, no ha sido un obstáculo para la interdisciplinariedad. A la vez, el currículo integrado tampoco la ha garantizado.*

En otros programas de formación de profesores se podría indicar que interactúan varias disciplinas, por ejemplo, matemáticas, pedagogía, ciencias y didáctica de las ciencias (formación de profesores de ciencias); o pedagogía, matemáticas y educación matemática (formación de profesores de matemáticas). A pesar esta característica multidisciplinar, no es claro cómo estos componentes pueden interactuar para promover un desarrollo profesional en el que los profesores no solo integren los conocimientos de las diferentes disciplinas estudiadas, sino que, además, promuevan un futuro desempeño profesional en que integre la interdisciplinariedad.

En este último aspecto, la interdisciplinariedad se convierte en un componente del conocimiento profesional del profesor, y, por tanto, existe un llamado a reconocer su naturaleza y formas de desarrollarlo en los profesores [12-14]. Esta necesidad cobra especial relevancia, porque en la mayoría de los países, la formación de profesores privilegia la formación disciplinar; por tanto, la interdisciplinariedad queda reducida a simple presencia de contextos o potenciales acciones que pocas veces se ejecutan al interior de los cursos; también porque puede no reconocerse posibilidades de promover la interdisciplinariedad a partir de las disciplinas específicas [11, 15].

En coherencia con ello, en este estudio se ofrece respuesta a la pregunta de investigación: ¿Cuáles oportunidades para promover la interdisciplinariedad se presentan en los documentos curriculares de un programa de formación inicial de profesores de matemáticas?

## 2. MARCO REFERENCIAL

Las necesidades del mundo contemporáneo demandan de la interdisciplinariedad en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas [16]. En esta línea, se acentúa un reconocimiento de estrategias, enfoques, teorías, conceptualizaciones u orientaciones para que la interdisciplinariedad tenga presencia en la enseñanza de las matemáticas y se establezcan relaciones con otras disciplinas. La formación de profesores para asumir la interdisciplinariedad es un aspecto central para que se puedan atender estas demandas del mundo actual.

A pesar de que la demanda por una formación en y para la interdisciplinariedad ha sido un reiterado llamado en la literatura de investigación, estudios señalan que su presencia es un desafío debido a su ausencia en la formación de profesores y a la inexistencia de cursos específicos para prepararlos [17]. Es decir, suele atribuirse a la formación mono-disciplinar de los profesores la poca prevalencia de la interdisciplinariedad en sus prácticas de enseñanza y se arguye la importancia de posibilitar la interacción con otros futuros profesores [13, 15].

No obstante, la especialización no tendría por qué limitar la interdisciplinariedad, más bien, como lo plantea [6] es necesario estudiar las condiciones particulares de las matemáticas en relación con la interdisciplinariedad y, de la misma manera, los aportes de la interdisciplinariedad a las matemáticas, en este

caso, asociadas a la enseñanza. En coherencia con ello, estudios donde se reconozca la especificidad de las matemáticas en la formación de profesores y las oportunidades para el desarrollo de procesos interdisciplinarios todavía son requeridos [6, 18].

Es preciso formar a los profesores de matemáticas para asumir la interdisciplinariedad en tanto se asume que el tipo de experiencias que tengan durante su formación que tienen incide en el desarrollo de prácticas interdisciplinarias [15]. En algunos trabajos se reconocen retos para la formación de estos profesores, entre ellas: visiones de la interdisciplinariedad que se restringen al empleo de varias disciplinas, sin considerar sus relaciones o sus vínculos; también limitaciones en términos de la confianza o de los conocimientos para hacerla efectiva en los procesos de enseñanza, la falta de espacios de articulación entre profesores de diferentes disciplinas y el trabajo colaborativo [13, 14, 18-20]. Los desarrollos para atender estos retos incluyen planteamientos relacionados con el conocimiento del profesor, estrategias para hacerla efectiva y discusiones a las maneras en que se podrían formar a los profesores para asumir este desafío [12, 16, 21].

En [12] se define el conocimiento pedagógico interdisciplinario del contenido IPCK, como la capacidad de los profesores para: aplicar métodos y actividades temáticas que permitan tratar varias asignaturas de manera simultánea, el conocimiento de maneras en que se puede desarrollar exploraciones interdisciplinarias en los procesos de enseñanza, la identificación de conexiones dentro y entre asignaturas concretas, de tal manera que pueda desarrollar lecciones a partir de ellas, entre otras. En ese estudio, se realizó una implementación de una serie de *actividades interdisciplinarias ejemplares*, con conexiones entre matemáticas y artes, de tal manera que posibilitara una *pedagogía integrada entre matemáticas y ciencias* en los futuros profesores. La participación y la evaluación de actividades ejemplares en este trabajo impactó positivamente en los conocimientos pedagógicos interdisciplinarios en los futuros profesores y permitió que estos aplicaran actividades del currículo de ciencias para diseñar lecciones que contribuyan a la conceptualización de las matemáticas. Este último aspecto llama la atención con respecto a los posibles roles que puedan asumir las matemáticas y otras disciplinas cuando se emplea la interdisciplinariedad y a manera en que se articula a los propósitos educativos planteados.

Aunque los ejemplos muestran maneras concretas en que la interdisciplinariedad tiene presencia en diferentes contextos, en [21] se llama la atención por promover relaciones profundas entre las disciplinas, más allá de presentar ejemplos interesantes. Los investigadores reconocen metodologías que pueden favorecer la interdisciplinariedad y que se emplean en la educación STEM, entre ellas se encuentra el diseño ingenieril, el pensamiento computacional, la indagación, el aprendizaje basado en proyectos y la modelación matemática. En su trabajo, utilizan la modelación matemática para el estudio del calentamiento del agua con futuros profesores de matemáticas, identifican posibilidades para ampliar el significado de las matemáticas en el estudio de un fenómeno físico; también reconocen oportunidades para integrar STEM y mencionan que es necesario considerar otras conexiones entre las disciplinas en futuros estudios (otras posibilidades en [22]).

Por su parte, en [16] se emplea una estrategia denominada *Laboratorios Interdisciplinarios Globales GIL*, para promover la interdisciplinariedad en profesores de matemáticas; a partir de esta estrategia se espera superar la problemática disciplinaria donde se separa las ciencias y las humanidades. Estos laboratorios se orientan *a la creación de interacciones fructíferas, equilibradas y críticas entre disciplinas* y se caracterizan por contar con una *unidad docente interdisciplinaria*, un equipo de profesores de diversas disciplinas que trabajan juntos para desarrollar las actividades en una de sus clases. Estos GIL funcionan de manera cíclica, a partir de cinco fases: en la primera (*planning*) se elige un tema transversal (posibilidad de estudio en función de la disciplina) y se forma un grupo de trabajo interdisciplinario que incluye profesores e investigadores de diferentes disciplinas, aquí se identifican aspectos como conocimientos disciplinarios e interdisciplinarios requeridos por los profesores y consideraciones educativas frente a la *transposición* del GIL en un aula; en la segunda (*teacher training*), los investigadores planifican actividades para formar a los profesores (en aspectos teóricos y prácticos) y se planifican actividades para el aula; en la tercera (*teaching*), cada unidad implementa en sus clases las actividades diseñadas; en la cuarta (*debating*), la unidad y los investigadores discuten los logros de la implementación; finalmente, en la última (*updating*) se realizan replanteamientos al laboratorio y los diseños para generar una nueva versión.

Para [16], los GIL demuestran ser efectivos para establecer vínculos entre el trabajo escolar y los problemas de la sociedad, que permitan trascender el hecho de estar informados y posibiliten la toma de conciencia de las herramientas disponibles para enfrentarlos y cómo emplearlas de manera colaborativa. No obstante, la puesta en práctica de este tipo de propuestas depende de la manera en que se presenta a los profesores y requiere de condiciones técnicas, académicas e institucionales que no se presentan en otros contextos, por lo cual es pertinente hacer ajustes a estas iniciativas o considerar otras posibilidades para la formación de profesores que se adecuen a los medios de los cuales disponen.

En [6, 17] se emplea el término *Educación Matemática Interdisciplinaria* EMI para hacer referencia a un reciente campo de estudio que busca conectar las matemáticas con otras disciplinas. En [17] se plantea que en la EMI los estudiantes deben entender los vínculos entre las disciplinas y sugiere que los profesores deben ser preparados para implementarla, *hasta ahora, no hay o solo unos pocos cursos en todo el mundo, que se ofrecen específicamente para EMI. Esta es la razón por la cual EMI rara vez está en la escuela. Por lo tanto, tenemos que hacer más en la formación de profesores para que los estudiantes de la escuela finalmente se beneficien de EMI.* En este sentido, la EMI para la autora es un tema de relevancia para la formación de profesores, pero también un aspecto que requiere implementación en el ámbito escolar. A pesar de ello, la creación de nuevos cursos o cualquier otra estrategia de formación de profesores no garantizan por sí solos que la interdisciplinariedad tenga presencia en la escuela; las maneras en que se pueda hacer efectiva dependen de las condiciones de los programas de formación de profesores, sus propósitos de formación, sus perfiles profesionales y sus estructuras curriculares, entre otros.

El estudio de programas actuales de formación inicial de profesores de matemáticas ofrece herramientas para comprender las maneras en que la interdisciplinariedad tiene (o puede tener) presencia en estos espacios, teniendo en cuenta sus condiciones particulares. Además, delimitar los aportes que las matemáticas pueden ofrecer al trabajo interdisciplinario en la formación de estos profesionales contribuye a la discusión de las oportunidades y los roles que las matemáticas pueden asumir al relacionarse con otras disciplinas; este trabajo se propone contribuir en esta línea. Para hacerlo, el documento se estructura en cuatro apartados adicionales: en el primero se presentan referentes conceptuales de investigación relacionadas con términos como disciplina y disciplinariedad, interdisciplinariedad en educación y, específicamente, en educación matemática. En el segundo, se describe la ruta metodológica adoptada para responder a la pregunta y la elección del análisis de contenido como método para el estudio. En el tercero se describen los principales resultados del estudio, discusiones y limitaciones con base en los reportes de investigación. Finalmente, se reportan las conclusiones con dos focos, uno relacionado con la formación de profesores y otro con la investigación en educación matemática.

### 3. MARCO CONCEPTUAL

Los antecedentes que se presentan en este trabajo se enfocan en comprender y delimitar aspectos relacionados con las oportunidades para promover la interdisciplinariedad en un programa de formación inicial de profesores. Para ello, es relevante examinar términos clave como disciplina e interdisciplinariedad y sus comprensiones en el campo educativo.

#### 3.1 La noción de disciplina

En términos etimológicos, la palabra disciplina proviene del latín *disciplina* (enseñanza), que deriva de *discipulus* (discípulo), por lo cual algunas definiciones plantean que disciplina refiere a la doctrina o la instrucción de una persona. En términos investigativos la disciplina no solo presenta una multiplicidad de definiciones, sino que, además, presenta un debate frente a la división y a la organización del conocimiento y su enseñanza [23, 24].

Según [25], el término *disciplina* tiene diferentes significados. En algunos casos, suele asociarse con obediencia a una autoridad y a un estilo de vida particular con sus reglas y sus designios, en beneficio de ideas, programas o instituciones; en esta línea, suele hablarse de disciplina militar, partidista, monástica, etc. En otros contextos, el término refiere a *una vida sometida al conocimiento y, entonces, se habla de disciplinas científicas, humanísticas o artísticas.* Así, para [25] las disciplinas surgen frente a las maneras en que se

enfocan ciertos elementos de la realidad que se quiere conocer. A pesar de ello, el empleo del término y su concepción ha cambiado durante los años, atribuyéndole un uso para indicar un sentido de concentración, dedicación, rigor y formación para producir, aprender o transmitir un saber. El autor menciona que:

*[...] ampliar el significado de disciplina a un ámbito mayor que el restrictivo de disciplina de estudio, académica o científica, pues un espíritu disciplinado obedece no solo al saber racional y a la autoridad exterior, sino también a una forma de sentir, de experimentar, de pensar y de proyectar la vida; a unos ideales y a un estilo de vida que, a la vez, implican una forma específica de actuar en el mundo [25].*

A su vez, [26] defiende que es posible pensar las disciplinas académicas a partir de las prácticas culturales que ellas mismas mantienen y crean. Por tanto, *las disciplinas académicas pueden ser vistas como una forma particular de división del trabajo y como un aspecto de la profesionalización de la ciencia*. En una perspectiva educativa, [27] plantea que la disciplinariedad se centra en elementos curriculares de organización de la enseñanza e involucra preguntas por el qué, el cómo y el para qué. En el documento se menciona que *las disciplinas académicas se identifican así principalmente con materias que aportan contenido y estructura a los currículos escolares y universitarios*.

Las anteriores consideraciones relacionadas con las disciplinas permiten identificar en la formación del profesor de matemáticas la presencia de disciplinas académicas, es decir, aquellas que se materializan como cursos de su programa y que constituyen la amalgama de conocimientos que deben adquirir para su desempeño profesional (por ejemplo: la didáctica, la pedagogía, la educación matemática y las matemáticas). Además, dentro de estos espacios y como parte de su formación, se encuentran discusiones que abordan las disciplinas escolares en términos del saber a ser enseñado (matemáticas).

Para [28], las prácticas de enseñanza y formación tienen sus especificidades que hacen que en el ámbito educativo las disciplinas escolares cuenten con su propia historia y autonomía en términos de su constitución y significado. De esta manera, es posible afirmar que estas refieren a elementos curriculares en términos de los saberes que se promulgan, pero también incluye sus formas de proceder, propósitos de formación y un sistema referencial que no se limita a las ciencias. Por lo tanto, se abordará en este trabajo un triple sentido de la disciplina: la académica, la escolar y la que se investiga (en este caso la Educación Matemática) para la formación del profesor en relación con un conocimiento que debe aprender y deberá enseñar en sus prácticas profesionales: las matemáticas; asimismo, las oportunidades que a partir de allí puedan identificarse para la promoción de la interdisciplinariedad en su formación.

### 3.2 Interdisciplinariedad en educación

La interdisciplinariedad se ha posicionado como una manera de atender a una formación integral y holística que permita superar las barreras entre las disciplinas. Este aspecto es necesario para la solución de problemas complejos y prepararse para un mundo cada vez más interconectado. Para entender el término, autores proponen diferenciarla de otras denominaciones asociadas a los diferentes niveles de integración entre disciplinas (o niveles de disciplinariedad). Por ejemplo, en [18, 29] la *mono-disciplinariedad* se refiere a la solución de problemas o de situaciones a partir de una sola disciplina. Así, se incorporan técnicas, métodos, instrumentos y conceptos que están relacionados con esa disciplina en particular. Por su parte, el término *multidisciplinariedad* implica la utilización de dos o más disciplinas para resolver un problema, sin que existan interacciones entre ellas; en contraste con la *interdisciplinariedad* que implica interacciones entre las mismas. Clarificar el tipo de interacciones y de relaciones, sus fundamentos, sus implicaciones para las delimitaciones disciplinarias siguen vigentes en educación.

Además de las relaciones que se presentan entre las disciplinas, existe una amplia terminología asociada a la interdisciplinariedad y diferentes campos de operacionalización del término. [30] defiende que esta situación no se puede desestimar, porque incluso en el uso indiscriminado del término pueden aparecer patrones de consenso con implicaciones en la teoría y en la práctica. La autora examina tipologías de la interdisciplinariedad para identificar dichos patrones y líneas divisorias. Al respecto, se destaca la integración como un criterio clave para la interdisciplinariedad, así que espacios donde la integración no tiene presencia suelen ser multidisciplinarios (en el trabajo se presentan otras denominaciones como pseudo interdisciplinariedad, interdisciplinariedad compuesta, interdisciplinariedad enciclopédica, entre otras).

Asimismo, defiende que el alcance de la interdisciplinariedad varía en función de la cantidad de disciplinas que se relacionan y la compatibilidad tanto de las metodologías, así como de sus paradigmas epistemológicos.

Los planteamientos de [30] se enmarcan en una visión general de la interdisciplinariedad, a partir de diferentes contextos y marcos epistemológicos, lo cual hace admisible reconocer que algunos de sus planteamientos se reflejan también en la formación de profesores y en los contextos universitarios y escolares. Así, aunque en [29] se reconoce que esta transferencia del empleo del término en unos dominios académicos a otros no es directa, sino que implica reinterpretaciones de contenidos, sentidos y alcances en diferentes contextos, [30] ofrece herramientas para identificar posibles oportunidades para la interdisciplinariedad en diferentes escenarios como el educativo. Entre estos aspectos se resaltan referencias al empleo de métodos o de conceptos de una disciplina en otra; el uso de términos como interactuar (*Interacting*), integrar (*integrating*), enfocar (*focusing*), mezclar o combinar (*blending*) y enlazar (*linking*) elementos de al menos dos disciplinas; la posibilidad de diferentes grados de influencia entre las disciplinas (auxiliar o suplementaria); finalmente, los procesos de resolución de problemas o de investigación como propicios para prácticas interdisciplinarias.

[3] asevera que es necesario un enfoque interdisciplinario en la enseñanza y el aprendizaje, el cual se establece en el intercambio o el relacionamiento entre dos o más disciplinas en los métodos, los procedimientos o los contenidos. Estos aspectos derivan en una diversidad de propósitos que puede atender la interdisciplinariedad, como maneras de organizar el trabajo en equipos (generalmente multidisciplinarios) y de las implicaciones en las formas de organización y de construcción del conocimiento. De esta manera, la interdisciplinariedad en educación consiste en:

*[...] poner en relación (es decir establecer una correspondencia entre) dos o más disciplinas que se ponen en práctica en un mismo tiempo en los niveles curriculares, didácticos y operatorios que conducen al establecimiento de vínculos de complementariedad y de cooperación, de interpenetración o de acciones recíprocas entre ellas bajo diversos aspectos (finalidades, objetos de estudio, conceptos, nociones, pasos, habilidades técnicas, etc.). Estas interacciones tienen como meta favorecer la integración de los procesos cognitivos y de los saberes de los seres humanos. [...] Recurrir a la interdisciplinariedad es introducir condiciones favorables a la puesta en marcha de procesos integradores por parte de los seres humanos, acogidos a diversos ángulos de enfoques disciplinarios interrelacionados ya que no es el maestro el que debe integrar, sino más bien los estudiantes [9].*

Con respecto a esta última afirmación, se indica que el estudiante no es el único que integra, sino que el profesor también debe hacerlo en sus diseños o sus planificaciones para poder propiciar el reconocimiento de estas relaciones. En [9] se destacan cinco puntos clave para cuando se desea actuar y pensar interdisciplinariamente. Primero, la interdisciplinariedad no es la adición de elementos disciplinarios, visión frecuente en educación al considerar enfoques temáticos, por lo que afirma que el tema no hace que la actividad sea interdisciplinaria. A pesar de esta afirmación, otros estudios usan temas transversales para la interdisciplinariedad [16]. En segundo lugar, se afirma que interdisciplinariedad no es más que un medio para promover la integración, así que no es una finalidad en sí misma; pese a ello, en función del rol que asuma la interdisciplinariedad en la formación de profesores, esta puede ser un fin (por ejemplo, cuando se asume como una competencia que se espera desarrollar). Tercero, la interdisciplinariedad concibe que todas las disciplinas escolares o científicas son importantes, esto sugiere cambiar la idea de que existen disciplinas más *complejas* que otras, visión que se presenta aún en varios trabajos en educación matemática (ver, por ejemplo, [12]). Cuarto, la interdisciplinariedad debe unir tres lógicas complementarias, una asociada al saber, otra al hacer y, por último, al ser. En un quinto lugar, la interdisciplinariedad requiere la colaboración entre los especialistas de las disciplinas.

De este último planteamiento se infiere que el trabajo con varios especialistas es una tarea necesaria, pero insuficiente en el trabajo interdisciplinar [5, 31]. Además, hay otros requerimientos para la integración de la interdisciplinariedad como complementariedad entre el saber disciplinar y el interdisciplinar, asumir problemas complejos y contemporáneos, la búsqueda de convergencias (más que marcar diferencias) entre las disciplinas, debate y aprendizaje mutuo [5, 9, 29, 31]. Considerar esta multiplicidad de elementos para la integración de conocimientos y de prácticas de diferentes disciplinas no es un proceso automático [13], esto

requeriría, al menos, conocimiento de la propia disciplina, de los posibles nodos (o posibilidades) para la articulación, y reconocer la necesidad de la interdisciplinariedad para el trabajo que se requiere atender [32].

En las discusiones frente a la incorporación de la interdisciplinariedad en educación se suma una diferencia entre la interdisciplinariedad científica y la interdisciplinariedad escolar. Esta diferencia no solo se presenta en términos del contexto donde se aplican (ciencias y escuela) sino que se dan tanto *desde el punto de vista de las finalidades, objetos, modalidades de implementación como del sistema referencial. De hecho, recurrir a la interdisciplinariedad en el contexto escolar requiere ajustes importantes en comparación con la interdisciplinariedad científica* [9]. Estos ajustes recaen en los profesores, en tanto se espera que sean ellos quienes lideren los procesos interdisciplinarios que se proponen en las aulas.

Finalmente, se destaca que para poder promover la interdisciplinariedad es necesario saber cuándo y cómo usar (o no usar) una disciplina concreta o la misma interdisciplinariedad, aspecto referido por investigadores como conciencia disciplinaria e interdisciplinaria [32]. Este uso trasciende una idea instrumental para considerar un *metaconocimiento de las disciplinas*. En este sentido, se espera que los profesores reconozcan cuándo es necesaria la interdisciplinariedad y cuándo se puede prescindir de ella para cumplir los propósitos que se hayan definido para la enseñanza o el aprendizaje de las matemáticas.

Hasta el momento se han presentado antecedentes que ofrecen un panorama de la interdisciplinariedad y permite reconocer la diversidad de sentidos que esta puede tener. Por consiguiente, los antecedentes brindan herramientas analíticas para estudiar las oportunidades que existen en los programas de formación de profesores de matemáticas para promover la interdisciplinariedad. Para esto, se requiere tener una visión de la pluralidad de sentidos que ha tenido la interdisciplinariedad, más allá de una visión limitada y asumida a priori que imponga una mirada específica a los datos. En el siguiente apartado se presenta la manera de operativizar estos elementos para estudiar las oportunidades de promover la interdisciplinariedad en un programa de formación inicial de profesores de matemáticas. Con el estudio de oportunidades se quiere referir a aquellas circunstancias, aspectos o elementos que son favorables para la presencia de la interdisciplinariedad en la formación de profesores de matemáticas.

#### 4. MÉTODO

Esta investigación se inscribe en un enfoque cualitativo, según el cual se puede explorar y comprender los significados que se atribuyen a un problema o situación humana [33]. Se emplea el análisis de contenido como método de investigación debido a que permite una exploración detallada de los documentos de fundamentación del Programa. En este caso, se trata de un análisis interno, en el cual se resaltan las ideas y el sentido que se expresan en él, con base en la interpretación, la intención y la intuición de los investigadores [34]. Se espera con ello, dar cuenta de las oportunidades presentes en dichos documentos, reconociendo patrones, temas recurrentes y significados subyacentes.

El análisis de contenido cualitativo ofrece herramientas para expresar el contenido manifiesto y el latente en las fuentes de información, al tiempo que permite organizar el material a partir de datos con sentido similar [35]. Como parte del proceso de análisis de contenido, y en correspondencia con la pregunta de investigación, los investigadores utilizaron dos documentos que soportan la estructura organizacional y académica de un programa de formación inicial de profesores de matemáticas en Colombia para el análisis: el documento maestro y el proyecto educativo del programa, en adelante DOCMAE y DOCPEP, respectivamente. La elección de dichos documentos se debe a que en ellos se presenta la organización curricular, los propósitos de formación, las estrategias y las orientaciones tanto académicas como administrativas que se adoptan para garantizar el funcionamiento y la calidad del programa. A través de estas fuentes se busca reconocer las oportunidades que tiene el programa con respecto a la interdisciplinariedad en los futuros profesores de matemáticas.

Para el análisis de los documentos, la atención se concentró en todos aquellos fragmentos que ofrecieran los vocablos o palabras clave de la interdisciplinariedad [35]; ejemplo de estos términos son: relación, vínculo, interacción y enlace, entre otros, los cuales tienen presencia dentro de los documentos. Para el establecimiento de reglas de análisis fue necesario generar códigos iniciales a partir de los antecedentes y



los referentes conceptuales. Posteriormente, los investigadores incluyeron códigos y sub-códigos que emergieron del análisis preliminar de los documentos del programa (Tabla 1).

**Tabla 1.** Sistema de códigos y sub-códigos

Códigos	Sub-códigos	Descripción
Términos clave	Interactuar, integrar, enfocar, mezclar, enlazar, conectar, asociar, cooperar, relacionar, articular.	Alude a aquellas palabras o términos que se utilizan para poner en diálogo al menos dos elementos de diferentes disciplinas. Estas maneras de aludir a las posibles relaciones configuran ideas con respecto a la interdisciplinariedad y las relaciones entre las
Lugar de la interdisciplinariedad	Ciencia, formación profesional, saber escolar, saber hacer (práctica).	Corresponde a la dimensión de la formación del profesor a la cual se encuentra asociada la interdisciplinariedad o las relaciones entre disciplinas.
Concepción de la interdisciplinariedad	Medio, fin, estrategia, Competencia, forma de pensamiento, objeto por estudiar.	La interdisciplinariedad o las relaciones entre disciplinas pueden fungir de diversas maneras en correspondencia con propósitos, intenciones, fines, etc. Se trata entonces de descripciones o de menciones que permiten reconocer la visión de
Objetos de las relaciones	Métodos, procedimientos, conceptos, temas, objeto de estudio, instrumentos, personas (expertos), teorías, finalidades, estrategias.	Las relaciones entre las disciplinas son un foco central en la interdisciplinariedad. Por tanto, este código incluye los elementos o los aspectos que se ponen en relación entre las disciplinas, constituyen el nodo de las relaciones.
Estrategias o metodologías para la interdisciplinariedad	Cursos, seminarios, modelación matemática, aprendizaje basado en proyectos.	Corresponde a las descripciones de posibles recursos metodológicos o estrategias para promover la interdisciplinariedad en alguno de los roles que esta pueda
Conocimientos requeridos	Conocimiento disciplinar, conocimiento de la educación matemática, aspectos didácticos de la enseñanza, estructura taxonómica de las disciplinas y sus relaciones, conocimiento interdisciplinar.	Las posibilidades de promover la interdisciplinariedad o de generar relaciones entre disciplinas se relaciona con las visiones que se tienen sobre estas y las mismas relaciones. Por tanto, con este código se reconocen ideas frente a lo que es la matemática, las posibles relaciones que esta ha presentado con otras disciplinas y la naturaleza de estas relaciones.
Aspectos técnicos y organizacionales	Organización de contenidos, espacios de formación, estrategias extracurriculares.	Refiere a las condiciones propias de los programas que pueden posibilitar o limitar apuestas por lo interdisciplinario. Contempla aspectos como la estructura curricular de los programas, condiciones administrativas frente al desarrollo de las estrategias y espacios alternos para relacionar disciplinas.

El análisis se realizó con apoyo del software de análisis de datos cualitativo Atlas. Ti. Los autores acordaron dos categorías a partir de las cuales se describen las oportunidades: *roles de la interdisciplinariedad en la formación inicial de profesores de matemáticas y estrategias y lugares donde puede tener presencia la interdisciplinariedad*. Estas categorías se constituyen a partir de las relaciones entre los códigos, las relaciones con los antecedentes de investigación y los datos de los documentos del programa.

Las dos categorías no son excluyentes, sino que existen interrelaciones entre ellas, ya que a partir de los diferentes roles que la interdisciplinariedad puede asumir, se determinan maneras específicas de proceder en el aula y de promoverla en la formación de profesores. Al mismo tiempo, las maneras en que se busca promover la interdisciplinariedad demandan ciertos roles para ella. Como consecuencia, en ambas categorías se presentaron diferentes códigos y relaciones entre ellos.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este apartado se presentan los principales hallazgos y las discusiones que se obtuvieron a partir del análisis de los documentos del Programa. Para ello, se plantea un sub-apartado que detalla asuntos específicos con respecto a su trayectoria, sus propósitos de formación y su estructura. En los demás sub-apartados se muestran ejemplos representativos con respecto a las categorías construidas y se discuten aspectos con base en los desarrollos de la literatura de investigación.

### 5.1 Generalidades del programa de Formación de profesores

El programa de formación inicial de profesores hace parte de una universidad pública de Colombia. En correspondencia con las dinámicas institucionales, el programa asume sus principios, uno de los cuales

atañe a la interdisciplinariedad. Asimismo, el programa reconoce dentro de sus antecedentes que en 1988 se definieron núcleos y sub-núcleos, al tiempo que se propuso desarrollar un *trabajo interdisciplinario con otras Facultades que ofreciera disciplinas y ciencias específicas* [DOCPEP]. Más adelante, en 1998 se asumió la pedagogía como saber fundante de los profesores, lo cual exigió *potenciar un trabajo investigativo e interdisciplinario de tal manera, que se pudiera generar conocimiento propio y transformador de la práctica pedagógica* [DOCPEP]. En estas menciones y, en general en el programa, no es clara la manera en que se realizaba el *trabajo interdisciplinario* en esta época; sin embargo, se puede inferir el trabajo colegiado con otras dependencias (facultades, escuelas, institutos, corporaciones) como un aspecto que caracterizaba esta práctica.

Se presenta otra consideración en relación con la interdisciplinariedad dentro del programa, la cual se enfoca en las iniciativas, los enfoques y los avances institucionales destinados a asegurar el bienestar de los estudiantes. En este contexto, se destaca la implementación de actividades dirigidas por un equipo de trabajo interdisciplinario, cuyo propósito es brindar apoyo a estudiantes con alguna discapacidad; con esto se espera garantizar acceso, permanencia y calidad durante su formación. Aunque estas referencias no enfatizan directamente la interdisciplinariedad como un componente directo de la formación del profesor de matemáticas, sí constituyen ejemplos de la manera en que circula el discurso de la interdisciplinariedad en el programa.

En la Figura 1 se presentan algunas consideraciones del plan de estudios del programa, un asunto necesario para comprender las dinámicas y propuestas que allí se generan. Como se observa, la propuesta curricular incluye campos, núcleos y espacios de formación. Según el programa, el campo

*comprende un conjunto de saberes interdisciplinarios que configuran una identidad desde los objetos de estudio que abordan. Los saberes tienen puntos de encuentro en torno a las preguntas y problemas que formulan, a las metodologías y los procesos para la producción del conocimiento, así como a las reglas de validación de dicho conocimiento. En otras palabras, los saberes que comparten estos elementos constituyen un campo* [DOCMAE].

Se definen en el programa tres campos: saber en matemáticas, saber pedagógico y saber didáctico, este último como imbricación de los dos anteriores<sup>4</sup>. Por tanto, bajo la definición planteada, se supone la existencia de saberes interdisciplinarios en cada uno de ellos. Por otro lado, los núcleos son subconjuntos de los campos. Estos integran tanto el conjunto de saberes asociados al acto de enseñanza y a los objetos de estudio asociados a la formación del profesor (como saberes de matemáticas) como a los profesores que enseñan esos saberes. Estos profesores suelen reunirse para discutir los saberes de enseñanza. Por tanto, en estos espacios de encuentro se suelen realizar revisiones curriculares. Por su parte, los espacios de formación son maneras de organizar y aproximarse a los saberes específicos que dan origen a los cursos del programa. Se espera que estos espacios promuevan una formación ética, estética, política e investigativa. Como se presenta en la Figura 1, existen múltiples vías para desarrollar los espacios de formación, incluyendo imbricaciones o conjugaciones entre ellas.

Otros aspectos que hacen parte de la estructura curricular del programa incluyen la fundamentación teórica, los propósitos de formación, las estrategias de flexibilización para su desarrollo, los lineamientos pedagógicos y metodológicos, las estrategias de formación en segunda lengua y la interdisciplinariedad. En su globalidad, los documentos no solo presentan espacios en el plan de estudios que ofrecen oportunidades para el trabajo interdisciplinario de la licenciatura (por ejemplo, la manera en que se orientan o configuran los espacios de formación, la naturaleza de los saberes en cada uno de sus campos o de los núcleos, etc.), sino que también plantea otros roles de la interdisciplinariedad en la formación de profesores y oportunidades para su incorporación.

---

<sup>4</sup> En el PEP y el DOCMAE se presentan algunas diferencias en lo que refiere a campos y núcleos. En el PEP se mencionan los tres campos de manera explícita (pedagógico, disciplinar y didáctico), mientras que en el plan general de estudios del DOCMAE se presentan el campo de saber pedagógico y el campo de saber disciplinar. Esta diferencia se hace evidente en los núcleos, su denominación y el campo al cual pertenecen. En el caso del DOCMAE, el núcleo de práctica pedagógica y el núcleo de didácticas y saberes aparecen dentro del campo del saber pedagógico, mientras que en el PEP hacen parte del campo del saber didáctico (en este caso el núcleo asociado a las didácticas se denomina núcleo de fundamentación didáctica). Por esta razón, se ha optado por mostrar estos vínculos en la Figura 1.

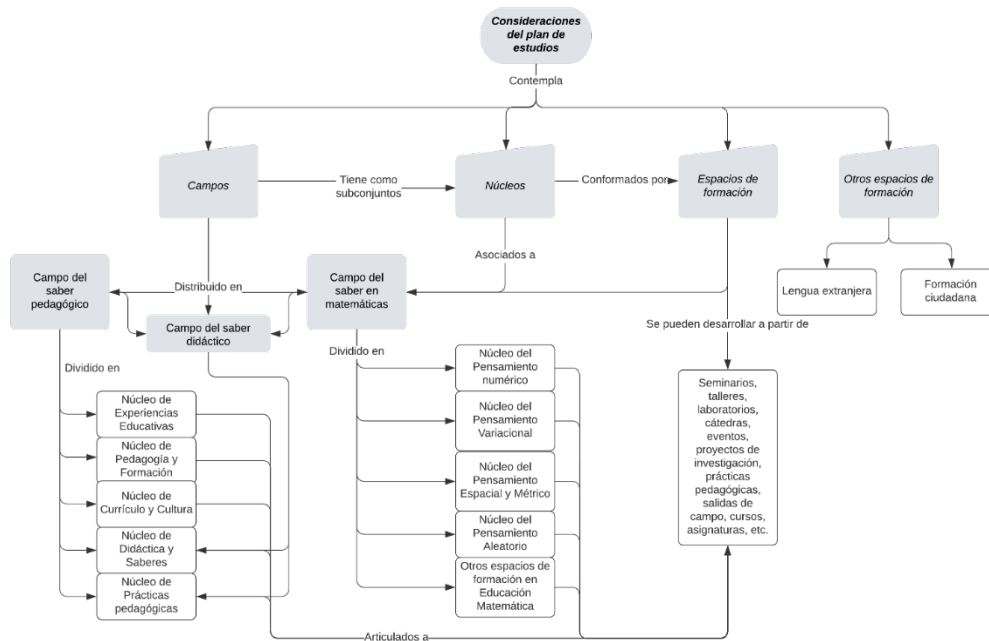


Figura 1. Algunos aspectos del plan de estudios de un programa de formación de profesores

## 5.2 Roles de la interdisciplinariedad en la formación inicial de profesores de matemáticas

En el programa se emplean diferentes términos clave para establecer relaciones entre saberes, estas ponen en evidencia diferentes funciones que la interdisciplinariedad puede asumir en la formación inicial de profesores. Se proponen objetos o elementos entre los que se pueden establecer estas relaciones y se encuentran menciones directas de la interdisciplinariedad que permiten atribuirle ciertos roles en la formación de profesores. Para estos roles de la interdisciplinariedad se reconocen oportunidades (potenciales o directas) para la integración en la formación de los profesores.

En los documentos del programa es posible reconocer un doble rol para la interdisciplinariedad, uno como fin y otro como orientadora. Por un lado, la interdisciplinariedad como fin se reconoce en la formación de profesores y en el desarrollo de sus futuras prácticas, toda vez que se espera cerrar brechas o, mejor, comprender relaciones entre las matemáticas y otras disciplinas; asimismo de desarrollar conocimientos o competencias asociadas a este saber. Por otro lado, se considera que la interdisciplinariedad puede asumir un rol asociado a orientar las estrategias y las maneras en que se pueden promover vínculos entre disciplinas y donde puede brindar criterios para su orientación en clases; por ejemplo, existen cursos específicos donde participan estudiantes de una ruta de doble titulación [DOCPEP].

Con respecto a la interdisciplinariedad como orientadora se reconocen varias referencias. Una de ellas se relaciona con las posibilidades que puede ofrecer para la formación de los individuos. A este respecto, hay elementos referidos a las dificultades que ha supuesto la separación y el poco diálogo entre la formación en matemáticas y otros ámbitos como las ciencias, a pesar de los fuertes lazos epistemológicos entre ellos [DOCMAE]. Además, se menciona que esta separación también tiene presencia en la básica o media del sistema educativo colombiano, aspecto que contrasta con el llamado de la investigación y los documentos curriculares con respecto a la necesidad de establecer vínculos con otras disciplinas [7-9]. En el programa se afirma:

*Dado que estas aproximaciones han contribuido a la fragmentación del conocimiento y la separación entre disciplinas, esta propuesta de formación matemática intenta que, desde su concepción se posicione en esas intersecciones que de manera natural se tejen entre las ciencias y las matemáticas. De este modo, busca rescatar las sinergias epistémicas que emergen de estas intersecciones y favorecer los potenciales de formación, tanto disciplinares como pedagógicos, que se dan en ese complejo de relaciones [DOCMAE].*

Con respecto a esta última afirmación, la interdisciplinariedad se configura como una manera de promover y cerrar estas brechas entre las disciplinas tanto en el campo profesional como en el escolar. En ese sentido,

podría afirmarse que el programa contribuye a la formación de profesores en la cual se promueven relaciones entre las disciplinas. Además, se espera que puedan promover contextos interdisciplinarios en la educación básica y media en el país, aspecto declarado como relevante en documentos curriculares de Colombia [7]. A pesar de ello, se considera que esas intersecciones no son *naturales* en el campo educativo, sino que deben ser intencionadas y planificadas, aspecto que demanda de conocimientos para hacerlo [12]. Este último aspecto nos sitúa en la interdisciplinariedad como fin. Por ejemplo, algunas preguntas que se podrían plantear son:

- ¿Qué es susceptible de ser relacionado entre las matemáticas y las ciencias?
- ¿Qué estrategias pueden emplear los profesores (o podrían emplear los futuros profesores) para promover estos vínculos en sus clases?

El programa plantea un ejemplo donde la historia y la epistemología de las matemáticas permiten reconocer posibles objetos para la relación entre las matemáticas y las ciencias. Se presenta el caso de la noción de número, el cual emerge ligado a la construcción de cantidades y magnitudes, consideradas también objetos de las ciencias. Sin embargo, dicho reconocimiento de las relaciones no implica una transferencia con respecto a cómo los profesores pueden promoverlo en su enseñanza. Es decir, que se empleen estas relaciones en la formación de profesores como orientador de su proceso de formación, no implica que redunde en su ejercicio profesional. Por tanto, los saberes con respecto a cómo promover la interdisciplinariedad en sus futuras prácticas permiten reconocerla como un fin y es un aspecto que llama la atención de los investigadores [12, 13].

En esa última línea el programa plantea que: *se busca brindar a los futuros profesores los conocimientos fundamentales sobre las estrechas interrelaciones entre las ciencias y las matemáticas, y, sobre todo, el valor de las mismas en la formación del pensamiento de los individuos* [DOCMAE]. Esta afirmación pone de relieve que el Programa espera, por lo menos, un conocimiento de las *interrelaciones* entre las ciencias y las matemáticas y sus posibilidades para la formación. A pesar de esto, es necesario contemplar los retos que supone establecer relaciones entre disciplinas [13] y de hacer explícito su aporte a la formación, de lo contrario no se reconocerán las oportunidades de la interdisciplinariedad en educación [15] y difícilmente tendrá una incorporación en las prácticas de los futuros profesores.

Una última referencia a la interdisciplinariedad como orientadora de la formación se presenta en el Núcleo de Pensamiento Variacional donde se plantea como propósito de los espacios de formación *modelar situaciones de las ciencias naturales y de las ciencias sociales* [DOCMAE]. Esto es, se pretende presentar a los futuros profesores espacios en los que puedan establecer relaciones con otras disciplinas a partir de la modelación. Aunque la modelación matemática se ha presentado como un proceso que importante en la formación de profesores con potencialidades para la interdisciplinariedad, la discusión en la literatura académica es vigente con respecto a su vínculo con otros procesos y conocimientos de otras disciplinas [8, 21, 36].

En Colombia [7] la modelación aparece como uno de los procesos que orientan la actividad matemática en el sistema educativo, pero los desarrollos en investigación en este campo en los últimos 20 años traen consigo retos para el aula, uno de ellos asociado a las posibles reciprocidades entre modelación matemática e interdisciplinariedad [36]. Preguntas en esta línea que continúan motivando la discusión son: ¿toda práctica de modelación es interdisciplinaria? ¿cuáles son los roles que desempeñan las disciplinas al modelar? ¿qué tipo de relaciones se promueven entre las disciplinas y qué de ellas se pone en relación cuando se modela? entre otras.

Sea como orientadora o como fin, el programa presenta oportunidades para incorporar la interdisciplinariedad en la formación de profesores. Una de ellas tiene que ver con el interés del programa en promover una formación que contemple conocimientos sobre las intersecciones entre las matemáticas y otras disciplinas, en especial con las ciencias naturales [DOCPEP, DOCMAE]. Promover una comprensión de las relaciones entre las disciplinas ofrece herramientas a los profesores para reconocer las condiciones o aportes de las matemáticas a la interdisciplinariedad y, al mismo tiempo, los posibles aportes de la interdisciplinariedad a la disciplina que enseña [6].

Otras potenciales oportunidades se identifican en los espacios de formación y sus propósitos en ciertos núcleos. En el Núcleo de Pensamiento Numérico se reconoce el adquirir fundamentos epistemológicos e históricos de las matemáticas [DOCMAE] que, como se dijo antes, puede ser oportunidad para reconocer vínculos de las matemáticas con otras disciplinas como la física. También, en el espacio de formación Análisis Numérico se presentan los métodos numéricos al servicio de la solución de problemas del mundo real, aspecto reconocido en la literatura como relevante para la interdisciplinariedad [2, 3, 16]. Aunque estas son oportunidades para la interdisciplinariedad, su presencia real en las clases (tanto en la universidad como en la escuela) sigue estando condicionada por: la preparación de los formadores de profesores, los conocimientos para hacerla efectiva, la posibilidad de interactuar con expertos de otras disciplinas, la visión de interdisciplinariedad y las mismas condiciones del programa [13, 14, 19].

Otras oportunidades se dan en el Núcleo del Pensamiento Variacional, en el cual se plantean espacios de formación donde *se propondrán problemas de física, de química, de las ciencias sociales, económicas y naturales que puedan ser modelados con los conceptos matemáticos que se estudiarán en este curso* [DOCMAE]. Adicionalmente, se menciona que se deben generar espacios para el diseño de situaciones para la enseñanza que incluya estas relaciones, lo cual sugiere cuestionamientos por las consideraciones que se pueden tener en cuenta en el diseño de recursos educativos que implican conocimientos más allá de las matemáticas.

Por su parte, en el Núcleo del Pensamiento Aleatorio se propende por el aprendizaje de fenómenos aleatorios y la aplicación de modelos en las ciencias sociales y naturales; igualmente, se espera que los profesores empleen conocimientos de estadística tanto en la docencia como en la investigación. Aunque la vía de las aplicaciones y la modelación puede ser una oportunidad para la interdisciplinariedad, es necesario trascender la idea de promover ejemplos [21] y generar alternativas donde haya una preocupación más fuerte por las relaciones entre las disciplinas. De esta manera podría superarse una pseudo interdisciplinariedad [30] y promover vínculos con mayor riqueza para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

Dentro del Campo de Saberes en Matemáticas se logra reconocer un tercer rol para la interdisciplinariedad: funge como requisito del programa. Al respecto, se establece que, *para responder a los planteamientos de interdisciplinariedad y flexibilidad curricular, el proceso de formación contempla un conjunto de espacios de formación que están propuestos para que los estudiantes complementen, profundicen y elijan su formación de acuerdo a sus intereses específicos* [DOCMAE]. Estos espacios son los cursos electivos y los seminarios de especialización. La presencia de una estructura curricular flexible y la posibilidad de tomar cursos electivos que permitan explorar más allá de la especialidad de estudio (matemáticas) es una oportunidad relevante. No obstante, aún no existe evidencia de que este tipo de espacios contribuyan al fomento de la interdisciplinariedad, así que estudiar el tipo de cursos que suelen tomar los futuros profesores puede ayudar a comprender los aportes a su formación profesional.

El Campo de Saber Pedagógico plantea como implicación de la formación de profesores la relación con otros campos del saber. Esto quiere decir que concebir la pedagogía como campo implica *Activar el diálogo con las ciencias, las disciplinas y con los diversos espacios de la pedagogía, permitiendo la comunicación entre investigadores y maestros, entre saberes específicos y saber pedagógico, entre políticas estatales y políticas locales e institucionales* [DOCMAE]. Luego, mencionan que el programa y la facultad deberían promover espacios para el diálogo y discusión con otros saberes. Si bien esta alusión no está asociada de manera directa a la relación de las matemáticas con otras disciplinas académicas, el fragmento reconoce dentro del saber pedagógico relaciones con otras ciencias y disciplinas, por lo cual explorar los roles que podría fungir allí la interdisciplinariedad en la formación de profesores de matemáticas es una tarea pendiente, como también las oportunidades que allí se puedan presentar.

Asociado al Campo de Saber Pedagógico, el Núcleo de Currículo y Cultura plantea una pregunta orientadora de formación: *¿Cómo problematizar el currículo, desde una perspectiva cultural, histórica, epistemológica, de diversidad y complementariedad de saberes?* En este sentido, es posible que en núcleos específicos del campo de saberes en pedagogía se promuevan reflexiones y discusiones con respecto a la pedagogía, la didáctica y la investigación, pero también valdría la pena considerar estos aspectos en términos de los

saberes específicos. Al respecto, se reconoce que en este campo no hay énfasis en ningún programa de formación de profesores de disciplinas específicas porque es transversal y común para los diferentes programas de la Facultad de Educación, pero, por esa misma razón, brinda oportunidades para reconocer y discutir consideraciones didácticas y pedagógicas relacionadas con los saberes específicos y sus relaciones. Es decir, aquí la interdisciplinariedad puede adquirir el rol de medio, fin o requisito, pero las maneras en que el Campo de Saber en Pedagogía pueda contribuir al conocimiento disciplinar y a la promoción de la interdisciplinariedad desde el punto de vista del saber específico no se ha encontrado en la literatura en educación matemática. Trabajos como el reportado en [11] generan preguntas por la especificidad de las disciplinas y los posibles vínculos entre saberes de diferentes ámbitos, incluyendo la pedagogía.

Por otro lado, el núcleo de prácticas desempeña un papel fundamental en el programa porque espera vincular los campos de pedagogía y el disciplinar. Dentro de sus objetivos se encuentra el *propiciar integración entre los aspectos teóricos y prácticos de los distintos campos de conocimiento articulados al saber pedagógico y didáctico para la generación de conocimiento*. El núcleo se caracteriza en considerar la práctica en términos de las relaciones (teóricas y prácticas) en las dimensiones pedagógica, educativa, didáctica, investigativa y disciplinar. Se espera en estos espacios promover el trabajo colaborativo y la construcción de saber pedagógico y didáctico a lo largo de los diez semestres que dura el programa. Este carácter general de la práctica no la circunscribe a un único rol de la interdisciplinariedad, sino que ofrece diversas oportunidades. La interdisciplinariedad puede tener presencia en las prácticas como:

- Objeto de discusión: tanto desde el punto de vista del campo en pedagogía como en el disciplinar, aprovechando reportes y discusiones en investigación.
- Objeto de investigación: los estudiantes pueden investigar en sus prácticas, en especial, en las prácticas del semestre ocho al diez que implican una inmersión directa en contextos escolares y no escolares.
- Estrategia de formación: manera en que el programa puede formar a los estudiantes, o en que estos pueden promover sus diseños de intervención en los contextos de la práctica.
- Estrategia de investigación: actualmente es frecuente la configuración de equipos y procesos interdisciplinarios para responder a las necesidades de la sociedad.

En síntesis, la interdisciplinariedad en el programa puede ocupar al menos tres roles: fin, orientador y requisito en los diferentes espacios de formación del profesor de matemáticas. Fue posible reconocer dichos roles a partir de la revisión de las diferentes menciones a la interdisciplinariedad y a las relaciones entre disciplinas que, como se plantea en [30] permite reconocer patrones de consenso y visiones con implicaciones para la teoría y la práctica. Se reconoce que la presencia de la interdisciplinariedad dependerá no solo de los propósitos declarados en los documentos del programa y de las oportunidades descritas, sino también de las apuestas de los formadores de profesores y de los mismos estudiantes.

Cada uno de los roles presenta oportunidades para que la interdisciplinariedad tenga presencia en el programa, pero también existen oportunidades que no se vinculan a un rol específico, sino que puede atender a varios de ellos en función de cómo se operativice en la formación de los profesores, reconociendo que pueden existir diferentes niveles de influencia entre las disciplinas [30]. Aspectos como: interés del programa en promover vínculos entre disciplinas, espacios específicos que procuran relaciones entre disciplinas a partir de procesos, la incorporación de problemas del mundo real y de otras disciplinas, el diseño de situaciones para la enseñanza, cursos electivos, algunos espacios de formación en pedagogía y la práctica pedagógica son posibles oportunidades para que la interdisciplinariedad tenga presencia en el programa que vale la pena explorar con mayor profundidad en futuros estudios.

### 5.3 Estrategias y lugares donde puede tener presencia la interdisciplinariedad

La interdisciplinariedad hace parte del contenido curricular del programa y *está relacionada con la organización del conocimiento fundamentado en las disciplinas que comparten objetos de estudio y en el surgimiento de equipos de investigación interdisciplinarios* [DOCMAE]. Esto significa que, para el programa

de Licenciatura, la interdisciplinariedad es un componente curricular clave que se espera promover en los profesores y en sus formadores. Además, en el fragmento se reconocen aspectos que pueden hacer parte de las relaciones entre las disciplinas: objetos de estudio y equipos de investigación. Estos aspectos también se han reconocido en la investigación [9, 30]. En el DOCMAE se considera que la interdisciplinariedad puede tener lugar en proyectos de investigación y que se construye al aplicar metodologías y lenguajes que involucran más de una disciplina en un problema o un tópico. Se espera que esto permita a estudiantes y profesores explorar diversos ámbitos, discursos y escenarios.

Los problemas y la investigación se plantean como una oportunidad concreta para que la interdisciplinariedad desempeñe un papel significativo en la formación de profesores. En el documento se plantea que: *la estructura curricular del Programa se construye teniendo en cuenta los campos del saber, la didáctica y la pedagogía que, en su imbricación a partir de los espacios de formación, promueven la interdisciplinariedad* [DOCMAE]. Además, agregan que, aunque en el campo de saber pedagógico se promueve el diálogo entre profesores y estudiantes, aún hay un limitado diálogo entre los equipos del saber disciplinar y el didáctico con el pedagógico; allí se menciona que durante un tiempo el Comité de Carrera no contó con profesores del Departamento de Pedagogía. Pese a ello, las maneras en que el diálogo entre los equipos puede contribuir a la interdisciplinariedad no son claras. Tanto la investigación en educación matemática [14, 17] como el mismo programa destacan que este aspecto también debería presentarse con saberes de otros ámbitos como las ciencias naturales.

El programa destaca espacios y actividades extracurriculares que se constituyen como oportunidades para la interdisciplinariedad en la formación de los profesores como los semilleros de investigación, grupos de investigación, talleres, conferencias, eventos académicos y solución de problemas relacionados con el ejercicio profesional. A pesar de estas referencias, no son claras las maneras en que se contribuye a la interdisciplinariedad, ni en qué aspectos pueden reconocerse estos aportes, ya que algunas de estas actividades pueden desarrollarse de manera disciplinar. Tomemos como caso especial los semilleros de investigación, si bien estos consideran como atributo la interdisciplinariedad, esta presencia suele ser más un ideal que un ejercicio frecuente en sus actividades [37]. Así las cosas, se debe desnaturalizar la presencia de la interdisciplinariedad en estos espacios de formación e indagar con respecto a las visiones y las experiencias de quienes participan de ellos.

Con respecto a las estrategias de flexibilización que tiene en cuenta el programa se destacan los espacios de formación compartidos con otros programas. La Licenciatura en Matemáticas comparte espacios con la Licenciatura en Física y la Licenciatura Ciencias Naturales, entre los que se encuentran cursos de cálculo, estadística y geometría. Estos cursos son espacios con potencial para desarrollar estrategias que permitan fortalecer la interdisciplinariedad en el programa, como el trabajo entre diferentes especialistas [9] o la posibilidad de actividades donde existan diferentes grados de influencia entre las disciplinas [30]. Sin embargo, se debe tener en cuenta el rol que ocupa las matemáticas en cada una de estas disciplinas y las posibles estrategias para promover los vínculos deseados.

En el programa se plantea que el futuro profesor de matemáticas podrá asumir roles como ser *miembro de comunidades académicas que promuevan el desarrollo de la educación matemática en contextos disciplinarios e interdisciplinarios* [DOCMAE]. Brindar espacios donde haya diálogo entre diferentes actores del programa (estudiantes, profesores, egresados, administrativos, etc.) puede ser propicio para que los estudiantes se enfrenten desde sus pregrados a estos contextos interdisciplinarios; asimismo, el desarrollo de proyectos interdisciplinarios puede contribuir a su formación. Espacios posibles para ello son los cursos de práctica, los compartidos con otras licenciaturas (física y ciencias naturales) y otros del campo saberes pedagógicos.

Para [3] se pueden aprovechar tanto los procedimientos, como los métodos y los contenidos de las disciplinas para promover la interdisciplinariedad; además, en [30] se reconoce como una de las principales vías para la interdisciplinariedad los procesos de investigación y en [21] se reconocen otros recursos metodológicos que pueden emplearse en la formación de profesores. Peses a este cúmulo de posibilidades, la pregunta por los conocimientos necesarios para que los futuros profesores se desempeñen en esas comunidades es vigente.

Se plantea un currículo en el cual se unen diferentes disciplinas con el propósito de promover un aprendizaje motivador, efectivo y pertinente. Es una experiencia de aprendizaje comprensivo que combina destrezas y conocimientos de varias disciplinas para estudiar un tema central [DOCMAE]. En los diferentes espacios de formación propuestos en el DOCPEP y el DOCMAE no se enuncian de manera explícita la manera en que esta visión del currículo se materializa en el programa. Sin embargo, el fragmento permite reconocer otro aspecto que puede ser considerado oportunidad para materializar la interdisciplinariedad: temas. En la literatura se reporta el uso de temas o contenidos transversales para la interdisciplinariedad [16], así que estos pueden ser una alternativa para configurar acciones específicas al interior del programa.

Los núcleos al involucrar la configuración de equipos de profesores, que se reúnen para discutir sobre los saberes a ser incorporados en la formación de profesores y las estrategias para hacerlo, tienen la posibilidad de discutir, por un lado, las oportunidades o las necesidades de que la interdisciplinariedad tenga presencia en ellos y, por otro lado, de contemplar estrategias para hacerlo. Aunque en el programa se logran identificar las preguntas, los problemas, las metodologías, los proyectos de investigación, los procesos, el diseño de situaciones de enseñanza y los espacios de formación como potenciales para la interdisciplinariedad, es preciso generar cierta conciencia disciplinar e interdisciplinar [32], esto es, tener la capacidad de reconocer cuándo es requerida la disciplina y la interdisciplinariedad para llevar a cabo alguna de estas estrategias y cuándo no. En [21] se presentan otros recursos metodológicos posibles para la formación de profesores que incluyen el pensamiento computacional, la indagación, el diseño ingenieril, el aprendizaje basado en proyectos y la modelación matemática.

Otras oportunidades que reporta el programa se dan en términos epistemológicos e históricos, a partir de los cuales es posible identificar los vínculos que entre disciplinas se han presentado para la constitución de los conocimientos actuales. Asimismo, los procesos de investigación, la solución de problemas de la vida real y los cursos electivos son potenciales para emprender iniciativas relacionadas con la interdisciplinariedad. Esto requiere definir y clarificar la comprensión de interdisciplinariedad para la formación de profesores de matemáticas y delimitar especificidades que puede tener cada una de las estrategias descritas para su efectiva integración en el programa.

Siguiendo las pautas institucionales, se establece que la formación de quienes guiarán a estos futuros profesionales debe incorporar tanto problemas teóricos como prácticos de manera interdisciplinaria, fomentando la colaboración y la integración de diversos enfoques científicos y profesionales. En otras palabras, los profesores encargados de la formación inicial deben incorporar esta perspectiva en sus métodos de enseñanza, lo cual se constituye en otra oportunidad y genera cuestionamientos con respecto a su presencia en los diferentes espacios de formación.

Finalmente, en el DOCPEP se menciona que se organizó con la Licenciatura en Física una ruta de doble titulación en diez niveles (semestres académicos), en la cual se incluyen espacios de formación en física a partir del quinto nivel. La ruta propuesta puede ser una oportunidad para la interdisciplinariedad, pero para ello se requiere que, más allá de ofrecer espacios de formación donde la formación en física se da de manera aislada a la matemática o donde la única manera de ver su relación sean las aplicaciones, existan vínculos estrechos entre ambas disciplinas y se reconozca su interdependencia en la construcción de conocimiento (en matemáticas y en física). De lo contrario, no habría diferencia en estos espacios a los cursos electivos o a aquellos donde pueden confluir estudiantes de diferentes programas. Revisar los desarrollos de la ruta de doble titulación, tanto en su fundamentación como implementación, puede contribuir a ampliar las estrategias y las posibilidades de formación para los profesores de matemáticas.

#### **5.4 Limitaciones del estudio**

En este trabajo se estudiaron dos documentos de una Licenciatura para formar profesores de matemáticas. Allí se describieron oportunidades para promover la interdisciplinariedad en el programa que aparecen de manera explícita o implícita. Sin embargo, es importante destacar que la mera presencia discursiva de la interdisciplinariedad no asegura su aplicación en la práctica, esta es una de las principales limitaciones del estudio. A pesar de reconocer oportunidades, esto no implica que estas sean funcionales en la práctica cotidiana o que los formadores de profesores tengan las condiciones adecuadas para llevarlas a cabo. Por



lo tanto, este aspecto demanda una investigación más profunda. Este documento, por ende, ofrece, una contribución para continuar el debate en torno a los avances teóricos y prácticos de los programas de formación de profesores de matemáticas en el país con respecto a la interdisciplinariedad y, al mismo tiempo, provoca el desarrollo de investigaciones que permitan reconstruir, a partir de los diferentes actores del programa (estudiantes, profesores, egresados, entre otros), las maneras en que la presencia de la interdisciplinariedad ha sido una posibilidad o limitante en su formación.

Desarrollar estudios que se ocupen por la presencia de la interdisciplinariedad, sus múltiples roles y las posibles oportunidades aquí descritas en los diferentes espacios de formación de profesores, tanto en este programa como en otros del país, es una necesidad. En especial, si se desea que los futuros profesores estén preparados para asumir unas prácticas de enseñanza que consideren las relaciones entre disciplinas.

## 6. CONCLUSIONES

Este trabajo buscó identificar oportunidades que tiene un programa de licenciatura para promover la interdisciplinariedad en la formación inicial de profesores de matemáticas. A partir de la revisión de documentos del programa, se logró reconocer diferentes roles, estrategias y lugares en los que la interdisciplinariedad tiene sentido para la formación de profesores. Además, en los documentos se evidencia una preocupación por formar a profesores de matemáticas que trasciendan las limitaciones disciplinarias y que trabajen en conjunto con colegas de otras disciplinas.

En este sentido, hay menciones explícitas con respecto a la presencia de la interdisciplinariedad que permitió reconocer oportunidades como: la interdisciplinariedad puede orientar procesos de enseñanza y aprendizaje que se llevan a cabo con los futuros profesores, hay espacios en la licenciatura donde concluyen estudiantes de diferentes programas, existen diversos elementos para promover relaciones entre disciplinas (temas, problemas, proyectos de investigación, procesos como la modelación, etc.), hay preocupación por una flexibilidad curricular que permita ampliar los conocimientos del profesor a partir de cursos electivos y la práctica pedagógica.

A pesar de la anterior serie de oportunidades, es preciso generar límites y estipular no solo los momentos en que la interdisciplinariedad puede ser deseada o ser necesaria, sino también aquellos donde no es posible o es innecesaria. Dichas delimitaciones podrían contribuir a disminuir la excesiva presencia del término, en casos donde no es claro lo que se quiere indicar con él, situación recurrente en la investigación en educación matemática y, en algunos casos, en los documentos del programa.

No cabe duda, al revisar los documentos, que la interdisciplinariedad es un aspecto esperado en la formación de profesores, donde se reconoce que no es suficiente con el saber disciplinar para enseñar matemáticas y se espera que se promuevan relaciones con otras disciplinas. A pesar de ello, aún no es claro, ni en los documentos que se revisaron del programa, ni en la literatura en educación matemática, cuáles son los conocimientos asociados a la interdisciplinariedad requeridos por estos profesionales.

Finalmente, aunque se reconoce que un currículo integrado o uno disciplinario no garantizan por sí solos la interdisciplinariedad, en el programa se encuentran menciones directas a ella y planteamientos que buscan promoverla tanto en el entorno escolar como universitario. Por tanto, contemplar la interdisciplinariedad como un componente de la formación profesional de los profesores de matemáticas es un aspecto que vale la pena continuar discutiendo para que su presencia en los programas de formación se encuentre articulada a propósitos específicos, permita atender las necesidades de formación de los profesionales que el mundo requiere y que trascienda un uso meramente nominal que no aportan un valor agregado a su formación.

### Reconocimiento

Este estudio hace parte de la investigación doctoral que se realiza en el Doctorado en Educación de la Universidad de Antioquia, y contó con el apoyo del Comité para el Desarrollo de la Investigación CODI, de la Universidad de Antioquia, a través del proyecto: La modelación matemática escolar como eje de integración interdisciplinar en un currículo basado en las áreas STEM+H: Un camino para la transformación educativa de la primaria en la ciudad de Medellín. Código: 2020-34799.

## REFERENCIAS

- [1] León G. (2010). La formación interdisciplinaria de los profesores: Una necesidad del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Ensayos Pedagógicos* 5, 119-130.
- [2] Almenares M. et al. (2019). Interdisciplinariedad: La necesidad de unificar un concepto. *Tecnociencia Chihuahua* 13(3), 140-148.
- [3] Guerrero T. (2019). Enfoque interdisciplinario del docente de Educación Media y la praxis pedagógica investigativa. *Dialéctica* 2.
- [4] Uribe H. (2017). Disciplinas, interdisciplina y universidad. En Rey S. y Cadena S. (eds.), *Interdisciplinariedad: Un desafío para transformar la universidad en el siglo XXI*. Editorial Universidad Autónoma de Occidente.
- [5] Quintá M. y Borrero A. (2014). Estrategias docentes para la formación interdisciplinar en educación superior. *RedIC*.
- [6] Doig B. et al. (2019). *Interdisciplinary mathematics education the state of the art and beyond ICME-13 Monographs*. Recuperado: <http://www.springer.com/series/15585>
- [7] Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares básicos de competencias*. Magisterio.
- [8] Castrillón A. et al. (2020). La modelación y la experimentación en el estudio de un fenómeno físico: Experiencias y reflexiones en educación media. En X Congreso Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [9] Lenoir Y. (2017). Interdisciplinariedad en la formación universitaria: Una síntesis de sus especificidades y actualización. En Rey S. y Cadena S. (Eds.), *Interdisciplinariedad: Un desafío para transformar la universidad en el siglo XXI*. Editorial Universidad Autónoma de Occidente.
- [10] González M. et al. (2019). El proyecto interdisciplinario en la formación de profesores en Matemática. En V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Plata.
- [11] Prada M. (2021). Interdisciplinariedad en el plan de estudios de la Licenciatura en Filosofía de la Universidad Pedagógica Nacional. *Revista de las Ciencias del Espíritu* 63(175), 1-27.
- [12] An S. (2017). Preservice teachers' knowledge of interdisciplinary pedagogy: The case of elementary mathematics-science integrated lessons. *ZDM* 49(2), 237-248.
- [13] Maass K. et al. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM* 51, 869-884.
- [14] Barboza J. et al. (2015). The possibility of interdisciplinary integration through mathematical modelling of optical phenomena. En Stillman G. et al. (eds.), *Mathematical modelling in education research and practice. International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 305-316). Springer.
- [15] Corica A. (2022). El estudio interdisciplinar de la matemática en la escuela secundaria y la formación de profesores. *Revista de Educación* 25(1), 269-292.
- [16] Rogora E. y Tortoriello F. (2021). Interdisciplinarity for learning and teaching mathematics. *Bolema - Mathematics Education Bulletin* 35(70), 1086-1106.
- [17] Borromeo R. (2019). Educación Matemática Interdisciplinaria en la escuela-ejemplos y experiencias. *UCMaule* (57), 25-37.
- [18] Williams J. et al. (2016). *Interdisciplinary mathematics education: A state of the art*. Springer.
- [19] Lessa H. y Carolino C. (2014). Educação matemática na educação profissional de nível médio: Análise sobre possibilidades de abordagens interdisciplinares. *Mathematics Education Bulletin* 28(48), 230-254.
- [20] Silva T. et al. (2021). Interdisciplinaridade em trabalhos na Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática. *Revemop* 3, e202106.
- [21] Carmona J. et al. (2020). Estudio de fenómenos físicos en la formación inicial de profesores de Matemáticas. Una experiencia con enfoque STEM. *Uni-Pluriversidad* 20(1), e2020101.
- [22] Ocampo M. y Parra M. (2022). Una experiencia de modelación matemática en educación primaria en un contexto de Educación Ambiental. *Uni-Pluriversidad* 22(1), 1-16.
- [23] Flores R. (2006). La interdisciplinariedad en la universidad. *Tiempo de educar* 7(13), 69-98.
- [24] Morin É. (2010). Sobre la interdisciplinariedad. *Icesi* 62, 9-15.
- [25] Ospina C. (2004). Disciplina, saber y existencia. *Revista Lat. de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud* 2(2), 51-81
- [26] González C. (2019). Las disciplinas académicas. Sobre el evolucionismo 26(114), 11-18.
- [27] Krishnan A. (2009). What are academic disciplines? Some observations on the disciplinarity vs. interdisciplinarity debate.
- [28] Silva O. (2018). Investigar históricamente las disciplinas y los saberes escolares: el caso de la enseñanza de las ciencias sociales en Colombia. *Pedagogía y Saberes* (49), 81-93.
- [29] Lenoir Y. (2013). Interdisciplinariedad en educación: una síntesis de sus especificidades y actualización. *Interdisciplina* 1(1), 51-86.
- [30] Klein J. (2017). Typologies of interdisciplinarity. *The Oxford handbook of interdisciplinarity* 2, 21-34.
- [31] Hernández C. (2017). Universidad e Interdisciplina. En Rey S. y Cadena S. (eds.), *Interdisciplinariedad: Un desafío para transformar la universidad en el siglo XXI*. Editorial Universidad Autónoma de Occidente.

- [32] Doig B. y Willams J. (2019). Conclusion to interdisciplinary mathematics education. En Doig B. et al. (eds.), *Interdisciplinary Mathematics Education* (pp. 299–302).
- [33] Creswell J. y Creswell J. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage.
- [34] Noguero F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *Enclave pedagógica* 4, 167-179.
- [35] Cáceres P. (2008). Análisis cualitativo de contenido: Una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas, Individuo y sociedad* 2(1), 53-82.
- [36] Borromeo R. y Mousoulides N. (2017). Mathematical modelling as a prototype for interdisciplinary mathematics education? Theoretical reflections. En CERME 10. Dublin, Ireland.
- [37] Bolívar R. et al. (2015). Trayectoria e impacto de la estrategia semilleros de investigación de la Universidad de Antioquía. Universidad de Antioquía.

# Análisis del efecto de la implementación de una experiencia mediante la metodología aprendizaje-servicio sobre la actitud de estudiantes de ingeniería

Juan Pablo Sebastián Segovia Rivera<sup>1</sup>

Rubí Margarita Arrizaga Zercovich<sup>2</sup>

Francisco Javier Cartes Arenas<sup>3</sup>

Elizabeth Marliet Jara Maldonado<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> *Universidad Arturo Prat, Chile*

<sup>2</sup> *Universidad de Santiago de Chile, Chile*

En este estudio se presenta el diseño, implementación y análisis del efecto de la metodología aprendizaje-servicio en la asignatura Balance de Energía y Masa en el programa de Ingeniería Civil Ambiental modalidad presencial, durante el segundo semestre del 2022. La asignatura es de carácter teórico y se ha impartido históricamente bajo el modelo tradicional. La experiencia consistió en realizar el análisis del balance de masa y energía en panaderías de la ciudad de Iquique, Chile, durante el semestre, con el objetivo de plantear mejoras sobre la utilización de la energía que permitan disminuir el gasto energético y la contaminación en el sector. Para determinar la actitud de los estudiantes y el efecto de la metodología aprendizaje-servicio, se aplicó la adaptación de la escala de actitud en dos oportunidades a una muestra de 35 estudiantes. Los resultados mostraron que la actitud de los estudiantes hacia el curso de Balance de Energía y Masa disminuye durante el semestre, sin embargo, las diferencias significativas se presentaron en la dimensión ansiedad, con tres reactivos, y en la dimensión utilidad, con un reactivo. Los datos también indican que al final del semestre los estudiantes opinan que lo complicado del contenido y la dificultad inherentes a la asignatura son más altos de lo que esperaban al inicio. No obstante, estos resultados contrastan con que, a pesar de la dificultad de la asignatura, sí es útil en la formación de un ingeniero civil ambiental, y que desearían profundizar de manera autónoma en contenidos de la asignatura una vez finalizados los estudios de pregrado.

---

<sup>1</sup> Doctor en Química. Contacto: [juan.segovia@unap.cl](mailto:juan.segovia@unap.cl)

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias y Doctor en Ciencias de la Administración. Contacto: [rubi.arrizaga@usach.cl](mailto:rubi.arrizaga@usach.cl)

<sup>3</sup> Magíster en Ciencias. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)

<sup>4</sup> Magíster en Desarrollo Curricular y Proyectos Educativos. Contacto: [elijara@unap.cl](mailto:elijara@unap.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

El plan de estudios del programa de Ingeniería Civil Ambiental se encuentra adscrito a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Arturo Prat, Chile. El currículum de esta carrera tiene una duración de 10 semestres, de los cuales los cuatro primeros corresponden a una formación básica y transversal denominada *tronco común*, donde son dictados los cursos de ciencias básicas a todas las ingenierías civiles. De acuerdo con el avance del estudiante, los semestres siguientes corresponde a cursos disciplinares donde se completa la formación profesional basada en competencias, declaradas por la misma universidad, y que comprenden competencias genéricas y de especialidad:

- Competencias genéricas CG:
  - CG1: Comunica ideas, argumentos, conocimientos de manera clara y eficaz, tanto de forma oral como escrita, utilizando los medios adecuadamente y adaptándose a las características de la situación y de la audiencia.
  - CG2: Utiliza las tecnologías de la información y la comunicación, de manera adecuada y pertinente, requeridas para desenvolverse en su quehacer profesional y social, que le permitan mantenerse actualizado a lo largo de la vida.
  - CG3: Integra activamente equipos de trabajo, para el logro de objetivos comunes con otras personas, áreas u organizaciones, abordando de manera adecuada los conflictos que son parte de estos procesos.
  - CG4: Lidera de manera efectiva, o forma parte de un proceso de emprendimiento y lleva adelante las iniciativas necesarias para desarrollar la opción elegida y hacerse responsable de ella, en diversas organizaciones de forma estratégica y flexible.
- Competencias específicas CE
  - CE1: Utiliza la información de manera ética, respetando y declarando el origen de datos y argumentos técnicos, manteniendo un estricto apego a las normas éticas y legales vigentes.
  - CE2: Aplica fundamentos de Matemáticas, Física, Química, Ciencias de la Ingeniería y los elementos de la metodología científica para el análisis y desarrollo de soluciones a problemas de Ingeniería Ambiental.
  - CE3: Planifica, desarrolla y evalúa actividades de práctica y aprendizaje para alcanzar objetivos y metas en el análisis o solución de problemas de ingeniería ambiental.
  - CE4: Evalúa políticas, planes, programas y proyectos ambientales a nivel nacional, sectorial o territorial considerando la capacidad de absorción de los componentes ambientales y criterios de sustentabilidad aceptables técnicamente, en un territorio definido según la normativa vigente.
  - CE5: Diseña sistemas de vigilancia ambiental en componentes y parámetros ambientales determinados y territorios definidos, según la normativa vigente.
  - CE6: Evalúa Impactos ambientales generados por actividades antrópicas y riesgos ambientales en espacios y tiempos determinados, según la normativa vigente.
  - CE7: Diseña y proyecta soluciones ambientales en un territorio o proceso definido con criterios de viabilidad y sustentabilidad.

En el quinto semestre de Ingeniería Civil Ambiental, se encuentra el curso de especialidad Balance de Materia y Energía, es de carácter teórico y se ha dictado históricamente bajo un modelo conductista [1]. Las competencias asociadas a esta actividad curricular corresponden a CG2, CE2 y CE6. A esto se agrega el hecho que en este curso los resultados académicos obtenidos por los estudiantes no han sido destacados, advirtiendo que los resultados de aprendizaje no son alcanzados según lo esperado en este nivel. Esto podría deberse a que los modelos matemáticos que representan los fenómenos estudiados tienen características que dificultan la contextualización con los procesos reales. Por esto se hace necesario

incorporar y probar la efectividad de metodologías activas cuyo propósito sea permitir a los estudiantes modelar situaciones en las que se pueden encontrar involucrados.

En este estudio se presenta el diseño e implementación de la metodología aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Energía y Masa para la carrera de Ingeniería Civil Ambiental, en modalidad presencial durante el segundo semestre del 2022. Además, se realizó un estudio sobre el efecto de la aplicación de esta metodología en la actitud de los estudiantes, a través de una adaptación del Inventario de Actitud [2]. Los datos analizados se recopilaron al inicio y al término del semestre.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Qué es la metodología aprendizaje servicio

La metodología aprendizaje-servicio APS es una técnica que brota en Estados Unidos en 1903 con la finalidad de vincular la educación cooperativa, con el trabajo, servicio y aprendizaje. Pero la teoría va de la mano a esta práctica, como lo manifestaba John Dewey [3, 4] y William James [5]. Pese a que han transcurrido 120 años de los comienzos y afianzamiento de la metodología APS, hoy en día aún se trabaja como una idea novedosa. Si bien consta de una técnica actual, pero cuenta con elementos trabajados y conocidos universalmente, como lo son el servicio voluntario, la transmisión de conocimientos y valores.

El elemento innovador consiste en vincular estrechamente servicio y aprendizaje en una sola actividad educativa bien articulada y coherente [6]. Con ella, la formación en valores se pone en práctica de una forma interactiva y crítica. A la vez, es un buen instrumento para hacer una educación más inclusiva y para desarrollar un conjunto de competencias básicas que solo pueden adquirirse a través de un trabajo global y contextualizado. Incorporar la intervención real y comprometida de los educandos en la búsqueda del bien común es un mecanismo formativo imprescindible [7].

En [8] afirman que se trata de una innovadora práctica educativa que combina objetivos de aprendizaje curricular con objetivos de servicio a la comunidad, con la intención de mejorar las realidades donde se realiza el servicio, y que considera a quien recibe el servicio como un elemento central y no como un simple receptor de actos de caridad. Estos elementos favorecen el desarrollo del pensamiento crítico y la conciencia social que convierten las actividades de servicio en experiencias transformadoras, y a los estudiantes en agentes de cambio con una visión de un mundo más justo que trabajan activamente para crearlo.

El aprendizaje-servicio es una metodología educativa que construye en un solo aprendizaje un proyecto académico y un servicio a la comunidad. Es un tipo de trabajo en el que el estudiante adapta sus conocimientos a un entorno real a la vez que fortalece sus valores vinculándose al entorno social, mejora su capacidad de reflexión, su percepción del entorno y fomenta su solidaridad [9].

El participar en grupos de aprendizaje-servicio genera automáticamente oportunidades para desarrollar pensamiento crítico, ya que es imprescindible extrapolar necesidades del socio comunitario y concebir un servicio que cumpla con las carencias específicas de la comunidad y la sociedad. Esta combinación de acción y reflexión, de experiencia y análisis, esta unión entre el servicio y el aprendizaje pueden potenciar un modo de vida donde educación y vocación sean una, y la brecha entre comunidad y educación se aminore [10].

Así es como, la idea de satisfacer insuficiencias sociales y de apoyar a mejorar la sociedad y el entorno está tácito en las actividades de APS. A través de esta metodología, los estudiantes aprenden a cuestionar la sociedad desde un punto de vista crítico [11] y a analizar los temas que se van abordando con una con una visión desde la crítica hacia lo que no es justo o correcto [12].

El proceso de reflexión-acción integrado en la experiencia de APS, va de la mano con la justicia social, ya que permite articular los aspectos subjetivos, reflexivos y experienciales en la representación propia que el estudiante va conformando. El diseño de las 3-R [13], considera la Justicia Social como *Redistribución* la cual se centra en la distribución de bienes y recursos, *Reconocimiento* que busca en el reconocimiento y el respeto cultural de todas y cada una de las personas, y la existencia de unas relaciones justas dentro de la

sociedad y *Representación-Participación* que se refiere a la participación en decisiones que afectan a sus propias vidas, es decir, asegurar que las personas son capaces de tener una activa y equitativa participación en la sociedad. Todas las anteriores son actitudes que cada estudiante debiese ser capaz de distinguir y trabajar.

## 2.2 Ejemplos de la metodología aprendizaje servicio en la enseñanza superior

En cuanto a la educación superior queda claro un lineamiento importante para cualquier profesional, es el trato digno y justo a la sociedad. Entonces, agrupar los conceptos de aprendizaje-servicio y justicia social da lugar a un cuadro pedagógico de enorme valor [14, 15]. Ahora bien, para desarrollar al máximo el potencial de esta poderosa herramienta es preciso que la planificación incluya la reflexión estructurada y el debate acerca de los conceptos que se quieran aplicar y de las implicaciones del APS en el cambio social.

A modo general en lo que respecta las experiencias de la aplicación de esta metodología en la enseñanza superior, existen varios artículos que afirman que los estudiantes se involucran desde diferentes niveles y momentos en sus trabajos, aumenta y mejoran la participación en los proyectos, desde la perspectiva y la reciprocidad, mejora la percepción de los efectos de su participación, desarrollan de manera transversal habilidades y competencias como el trabajo en equipo, el compromiso ético, la adaptación a nuevas situaciones y la resolución de problemas. Afirman también que la utilidad del servicio estaba principalmente en el desarrollo moral y el compromiso. Concluyen que la percepción de valor de su trabajo (por parte de los estudiantes) es el punto más interesante [9, 11, 16, 17].

Particularmente, existen investigaciones que muestran cómo funciona la metodología aprendizaje servicio en diferentes carreras de nivel superior.

Una muestra de esto es en el área de la salud, por ejemplo, la relacionada a la carrera de farmacología, [18] evidencian las ventajas de incorporar APS al plan de estudios de farmacia, en su artículo proporcionan apéndices con recursos para incorporar la metodología aprendizaje servicio a este tipo de carreras. Junto a ello, [19] indica que los estudiantes que pudieron obtener una visión general del sistema de atención primaria de salud ganaron confianza en el asesoramiento y la dispensación y aplicación conceptos farmacológicos. Otro ejemplo, vinculado a esta área es [20] quienes evidencian que la relación estructurada y de largo plazo con una persona con discapacidad en el medio natural, permitió a los estudiantes desarrollar una identidad profesional basada en ver a la persona como un todo y reconociendo su centralidad en la relación terapéutica.

En la carrera de enfermería también se ha avanzado en la implementación de esta metodología en sus planes de estudios, por ejemplo [21] realizaron una revisión de un total de 22 artículos, determinaron una relación positiva entre los estudiantes de enfermería que participan en programas donde se incluye APS y la adquisición de beneficios educativos, como aprendizaje teórico y práctico, habilidades de comunicación y trabajo en equipo, y beneficios no educativos, como empatía, cuestionamiento de prejuicios y compromiso.

Además, evidencian que se han implementado una gran variedad de actividades e intervenciones con este enfoque académico, así como una evaluación positiva por parte de los estudiantes participantes. Concluyeron que programas con la participación activa de los estudiantes de enfermería generan beneficios tanto para ellos como para la comunidad. Por un lado, estas intervenciones reciben evaluaciones positivas de los estudiantes participantes. Y por otro, las intervenciones desarrolladas APS son variados y requieren motivación y creatividad para implementarlos. En esta misma línea [22] demuestran el impacto de APS sobre la construcción de competencias culturales en estudiantes de enfermería. Concluyen que los estudiantes participantes demostraron y expresaron que estas experiencias del programa fortalecen el proceso de volverse culturalmente competente.

También salta a luz un hecho importante: que los malos resultados de la atención médica son el resultado de las disparidades en la salud, que luego se ven agravadas por el hecho de que los trabajadores de la salud no están preparados para atender a clientes de diferentes culturas. Es por lo que la Asociación

Estadounidense de Facultades de Enfermería identificó formas innovadoras para que los estudiantes de enfermería desarrollen habilidades en competencia cultural, que incluyeron experiencias internacionales con APS.

En el área de la administración y economía también hay resultados de la aplicación de esta metodología, como en [23] quienes realizan una sistematización de la experiencia realizada, a partir de tres fases de implementación en la comunidad: 1) planificación, diseño y análisis, 2) prestación del servicio y, 3) evaluación, reflexión y seguimiento de esta metodología. Las etapas de diseño, implementación y gestión de un proyecto de estas características podrían servir como guía y orientación en futuras experiencias por parte de profesores o instituciones que estén interesadas en la innovación de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

[24] analiza cómo APS se puede utilizar para abordar de manera crítica y reflexiva desafíos sociales y prácticos en un contexto interuniversitario, este estudio contribuye a que la complejidad de la educación por competencias en el ramo de economía para el desarrollo sostenible, requiere la enseñanza de fundamentos basados en conocimientos y hechos, así como procedimientos metodológicos-investigativos para un aprendizaje basado en la investigación y, al mismo tiempo, orientado a la práctica.

Ha sido importante cualificar elementos del campo de la Educación Matemática y también, muy específicamente, brindar una herramienta didáctica que cualifique la fase de evaluación formativa de la APS, [25] aplicaron APS usando la noción de Trayectorias Hipotéticas de Aprendizaje. El análisis de resultados a través de esta herramienta explora cómo APS beneficia el proceso de aprendizaje, fortaleciendo las competencias específicas y transversales de la carrera de Ingeniería Matemática. Asimismo, el conocimiento matemático proporciona una cualificación para tener en cuenta en la secuencia de tareas y en los instrumentos de evaluación de las APS.

### **2.3 Rendimiento académico de esta metodología**

El aprendizaje-servicio es una metodología que ha mostrado beneficios en el aprendizaje y desarrollo personal de los estudiantes universitarios. Sin embargo, apenas se ha estudiado cómo afecta al rendimiento académico de los estudiantes. En [26] proponen analizar esta idea planteando los siguientes objetivos: 1) evaluar el rendimiento académico de los estudiantes que participan en una universidad que contenga programas de APS, en comparación con los estudiantes que no eligen participar; y 2) analizar las diferencias entre materias, cursos y años académicos entre los estudiantes que participan en el programa APS. Se recogieron las notas finales de los estudiantes, así como las notas obtenidas en la tarea vinculada con APS y en la tarea alternativa propuesta para los estudiantes no participantes.

Los resultados muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en las variables de rendimiento académico estudiadas entre los estudiantes que participan en APS y los que no participan, siendo los que desarrollan la metodología aprendizaje servicio los que obtienen mejores notas. Además, entre los que participaron en APS existen diferencias estadísticamente significativas en las variables de rendimiento académico estudiadas según la asignatura, en la nota media final de la asignatura según la asignatura y en el valor medio del porcentaje obtenido sobre la nota asignada en la tarea Aprendizaje-Servicio/alternativa según la asignatura.

En [27] se exploran las perspectivas de los profesores sobre los resultados de participación de servicio de aprendizaje en institutos de formación profesional. Los hallazgos indicaron que la participación en APS resultó en un mayor conocimiento del contenido del curso, el desarrollo de habilidades interpersonales y el desarrollo de una actitud de voluntariado entre los estudiantes del instituto vocacional.

### **2.4 Limitaciones para considerar**

Se han identificado importantes limitaciones, como la falta de una orientación práctica en la formación docente y la falta de un plan coordinado para facilitar ecologías de aprendizaje, lo que está dificultando el impacto reflexivo, cooperativo y transformador que se le atribuye a las metodologías de servicio de



aprendizaje. Con base en este diagnóstico, [28] sugiere que se incorporen actividades de capacitación en planes plurianuales, y se advierte que las orientaciones socio-críticas y prácticas trabajarían mejor juntas, y que se debe fortalecer el trabajo colaborativo entre universidades y servicios comunitarios.

En la misma línea, pese a que investigaciones de aprendizaje-servicio se centran en evaluar el crecimiento de los estudiantes, pocos estudios abordan cómo apoyar a los estudiantes en la aplicación de la teoría a su servicio de aprendizaje experiencias. Sin embargo, la tarea de aplicar la teoría es un componente central de las reflexiones críticas dentro de las ciencias sociales en la educación superior y, a menudo, causa ansiedad entre los estudiantes de pregrado.

En [29] investigaron cómo implementar este tipo de metodología, de una manera amigable para el estudiante, ellos indican que una analogía de encuadre familiar, combinada con un conjunto específico de actividades estructuradas en clase, es útil para cerrar la brecha entre la comprensión de la teoría y la selección y aplicación de una teoría particular para el proyecto de APS. Afirman que, para crecer como académicos, los estudiantes deben ser capaces de relacionar la teoría con situaciones del mundo real por sí mismos. Al combinar una analogía de encuadre con actividades estructuradas, los instructores pueden ayudar a los estudiantes a hacer la transición de memorizar teorías a aplicarlas a APS.

Otra limitación existente es el número de horas en el cual el proyecto es efectivo. En [30] examinaron el vínculo entre el número de horas de aprendizaje-servicio que trabajan los estudiantes y tres resultados educativos: la satisfacción del estudiante con el proyecto de aprendizaje-servicio, la relevancia de la clase para el proyecto de aprendizaje-servicio y la participación esperada de la comunidad. Los resultados sugieren que los estudiantes se benefician del aprendizaje mediante el servicio hasta una cierta duración de un proyecto de aprendizaje mediante el servicio. Además, identificaron el punto de inflexión del número de horas de aprendizaje-servicio más allá del cual los estudiantes perciben disminuciones en tres resultados.

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA

#### 2.1 Contexto

Balance de Masa y Energía es una asignatura de iniciación tipo teórica, que se dicta durante el quinto semestre de la carrera Ingeniería Civil Ambiental. En esta actividad curricular se plantean metodologías de resolución para los balances de materia y energía en procesos industriales. Dentro de lo que se espera que el estudiante aprenda en esta asignatura se encuentra:

- Plantear y resolver balances de materia y energía en sistemas no reaccionantes con más de una unidad e interrelacionados.
- Plantear y resolver balances de materia y energía en sistemas reaccionantes con más de una unidad e interrelacionados.
- Plantear ruta para la resolución de balances de materia y energía en sistemas de alta complejidad.
- Resolver balances de materia y energía mediante planillas de cálculo.

#### 2.2 Actividades desarrolladas

La experiencia implementada fue realizar el análisis del balance de masa y energía en panaderías de la ciudad de Iquique, Chile. Tuvo lugar durante todo el semestre y el objetivo planteado fue plantear mejoras sobre la utilización de la energía que permitiera disminuir el gasto energético y disminución de contaminación en el sector. La planificación del curso estuvo constó de cuatro etapas complementarias, estas consideran:

1. *Actividad inicial:* Comprendió la planificación de las actividades por parte del académico y la entrega de esta información en aula a los estudiantes, donde se programaron los plazos y se respondieron las dudas de los estudiantes, para lo que se utilizó 1 hora del programa del curso.

2. *Actividad en aula*: Comprendió una actividad tradicional cognitiva, donde el académico transfirió conocimientos teóricos y realizó talleres de ejercicios, utilizando la bibliografía existente y promoviendo la participación de los estudiantes. Esta actividad se desarrolló utilizando 2 horas semanales durante todo el semestre.
3. *Actividad práctica*: Esta comprende dos sub-actividades, en aula y extra-aula. En la primera, el académico toma el papel de facilitador, guio el trabajo, respondió consultas de origen práctico y teórico, como también realizó seguimiento de acuerdo con los plazos establecidos. Esto sucedió utilizando 2 horas semanales durante todo el semestre. En cuanto a las actividades extra-aula, los estudiantes se conformaron en grupos de 5 personas y realizaron las siguientes actividades:
  - Contactaron al representante/dueño de la panadería y presentaron la propuesta de trabajo, considerando la presentación del grupo, las principales actividades a realizar en conjunto y los recursos necesarios.
  - Definieron una planificación del trabajo a través de una carta Gantt, de manera de facilitar el seguimiento de las actividades.
  - Realizaron los diagramas de flujo, definiendo los sistemas y los flujos adecuadamente, a partir de observaciones en terreno, entrevistas con los funcionarios y validación con los encargados y el académico.
  - Se calcularon los balances de masa y energía a través de planilla de cálculo, resolviendo el sistema involucrado.
  - Se definieron indicadores de comparación basados en los resultados de los balances.
  - Se definieron propuestas de mejoras basadas en los indicadores evaluados.
4. *Evaluación de la actividad*: La evaluación se realizó a partir de la rúbrica difundida en la actividad no. 1, mediante la defensa de su trabajo considerando una exposición oral y grupal.

## 4. MÉTODO

Dada la naturaleza de los datos, la metodología utilizada fue cuantitativa [31]. Además, el enfoque cuantitativo es formal, objetivo y sistémico, lo cual permite probar y describir las relaciones, causas y efectos entre diferentes variables [32].

### 2.1 Instrumento

El instrumento utilizado es una adaptación de la *Escala de Actitudes hacia la matemática-estadística* [2], esta adaptación se denominó *Escala de Actitudes hacia Balance y Energía*. Este instrumento es una escala de auto-informe que evalúa cinco dimensiones, a saber, Ansiedad, Agrado, Utilidad, Motivación y Confianza. Las respuestas se expresaron en escala de Likert con las siguientes cinco opciones: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo y Totalmente de acuerdo, puntuadas con 0, 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Este inventario se compartió con los estudiantes de la muestra, el tiempo estimado necesario para responderla fue de 15 minutos.

### 2.2 Participantes

La muestra estuvo conformada por 35 estudiantes que se encontraban cursando Balance de Masa y Energía. Dado que esta asignatura es de especialidad, la cantidad de estudiantes matriculados regularmente no exceden los 40, por lo que todos los estudiantes inscritos en el curso formaron parte de la muestra y contestaron ambos instrumentos.

### 2.3 Procedimiento

Con el objetivo de determinar la actitud de los estudiantes y el efecto de la metodología aprendizaje-servicio, se aplicó la adaptación de la Escala de actitud en dos oportunidades. La primera se realizó al inicio del

semestre, mientras que la segunda medición se realizó en la última semana de clases. Luego de recogidos los datos se inició el análisis de consistencia interna a través del cálculo del alfa de Cronbach para cada sub-escala e instrumento completo. Se calculó, además, la correlación ítem-total y el valor de la confiabilidad si se eliminaba el reactivo. Posteriormente, se realizó un análisis estadístico descriptivo comparativo por cada reactivo. La finalidad de este análisis fue resumir la variación de las opiniones de los estudiantes en cada ítem según la alternativa de la escala de Likert seleccionada.

Finalmente, se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para analizar el efecto de la implementación de la metodología aprendizaje-servicio. En aquellos ítems donde hubo diferencias significativas, se calculó la mediana de ambas mediciones para señalar cuál obtuvo mayor puntuación. En estos análisis se consideró un 95% de confianza y se llevó a cabo con el paquete estadístico IBM SPSS. En relación con el tema ético, se incluyó en la aplicación de la escala un consentimiento informado en el cual se les garantizó a los participantes el anonimato. Se señaló, también, que la participación era voluntaria y los resultados del estudio estaban orientados solo a fines científicos y educativos.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1 Análisis de fiabilidad

El análisis de consistencia interna arrojó que el coeficiente del Alfa de Cronbach fue 0,784, por lo que el instrumento tiene una confiabilidad alta [33]. Por su parte, el Alfa de Cronbach para la dimensión *Ansiedad* fue 0,630, para *Agrado* fue 0,806, para *Utilidad* fue 0,608, para *Motivación* fue 0,776 y para *Confianza* fue 0,706. En la Tabla 1 se presenta el valor del Alfa de Cronbach para cada ítem si éste es eliminado de la escala y la correlación con la escala completa. A pesar de que eliminar los ítems P9, P14 y P23 incrementaría el valor del alfa de Cronbach, este aumento no es significativo en comparación a la información que estos reactivos aportan al estudio, es por esto que se decidió considerar todos los ítems del inventario.

**Tabla 1.** Resultados del análisis de Fiabilidad

Factor	Ítem	Correlación con la escala total	Alfa de Cronbach ítem borrado
Ansiedad	P1. La asignatura se me da bastante mal	0,382	0,727
	P2. Estudiar o trabajar con esta asignatura no me asusta en absoluto	0,275	0,759
	P3. Esta asignatura es una de las asignaturas que más temo	0,546	0,694
	P4. Tengo confianza en mí mismo cuando me enfrento a un problema de esta asignatura	0,795	0,647
	P5. Cuando me enfrento a un problema de esta asignatura me siento incapaz de pensar con claridad	0,325	0,741
	P6. Estoy calmado y tranquilo cuando me enfrento a un problema de esta asignatura	0,143	0,779
	P7. Trabajar con los contenidos de esta asignatura hace que me sienta muy nervioso	0,662	0,662
	P8. No me altero cuando tengo que trabajar en problemas de esta asignatura	0,148	0,779
	P9. Los contenidos de esta asignatura hacen que me sienta incómodo y nervioso	-0,008	0,789
Agrado	P10. Utilizar los contenidos de esta asignatura es una diversión para mí	0,903	0,620
	P11. Me divierte hablar con otros de esta asignatura	0,355	0,730
	P12. Los contenidos de esta asignatura son agradables y estimulantes para mí	0,785	0,657
	P13. Si tuviera oportunidad me inscribiría en más cursos como esta asignatura de los que son necesarios	0,642	0,671
Utilidad	P14. Considero esta asignatura como una materia muy necesaria en la carrera	0,078	0,793
	P15. Quiero llegar a tener un conocimiento profundo de esta asignatura	0,658	0,681
	P16. Espero tener que utilizar poco los contenidos de esta asignatura en mi vida profesional	0,759	0,634
	P17. Para el desarrollo profesional de nuestra carrera considero que existen otras asignaturas más importantes que esta asignatura	0,291	0,741
	P18. Me gustaría tener una ocupación en la cual tuviera que utilizar los contenidos de esta asignatura	0,193	0,767
	P19. Para el desarrollo profesional de mi carrera una de las asignaturas más importantes que ha de estudiarse son las de esta asignatura	0,778	0,644

Motivación	P20. Los contenidos de esta asignatura son demasiado teóricos como para ser de utilidad práctica para un profesional medio	0,121	0,765
	P21. Los contenidos de esta asignatura pueden ser útiles para quien se dedique a la investigación, pero no para un profesional medio	0,596	0,681
	P22. Espero tener que utilizar poco los contenidos de esta asignatura en mi vida profesional	-0,008	0,764
Confianza	P23. Saber utilizar los contenidos de esta asignatura incrementaría mis posibilidades de trabajo	0,087	0,788
	P24. Me provoca una gran satisfacción llegar a resolver problemas de esta asignatura	0,244	0,756
	P25. Si me lo propusieran creo que llegaría a dominar bien los contenidos de esta asignatura	0,771	0,677

## 5.2 Análisis descriptivo

El análisis descriptivo permite comparar las opiniones de los estudiantes por ítem antes Pre y después Pos de aplicada la experiencia pedagógica. Estos resultados se expresan en porcentaje según las opciones de la escala de Likert denotadas como sigue: Completamente en desacuerdo CD, En desacuerdo ED, Ni de acuerdo ni en desacuerdo NA, De acuerdo DA y Completamente de acuerdo CA. En la Tabla 2 se exhibe el resumen de las opiniones para los reactivos que componen el factor Ansiedad.

**Tabla 2.** Resultados del análisis descriptivo del factor Ansiedad

Ansiedad	CD		ED		NA		DA		CA	
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos
P1. Esta asignatura se me da bastante mal	0,0%	0,0%	21,4%	14,3%	64,3%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%
P2. Estudiar o trabajar con esta asignatura no me asusta en absoluto	7,1%	0,0%	28,6%	21,4%	28,6%	57,1%	14,3%	21,4%	21,4%	0,0%
P3. Esta asignatura es una de las asignaturas que más temo	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%	50,0%	35,7%	14,3%	42,9%	21,4%	21,4%
P4. Tengo confianza en mí mismo cuando me enfrento a un problema de esta asignatura	0,0%	14,3%	28,6%	42,9%	14,3%	42,9%	57,1%	0,0%	0,0%	0,0%
P5. Cuando me enfrento a un problema de esta asignatura me siento incapaz de pensar con claridad	14,3%	0,0%	35,7%	14,3%	35,7%	50,0%	7,1%	28,6%	7,1%	7,1%
P6. Estoy calmado y tranquilo cuando me enfrento a un problema de esta asignatura	7,1%	7,1%	7,1%	35,7%	42,9%	42,9%	28,6%	14,3%	14,3%	0,0%
P7. Trabajar con los contenidos de esta asignatura hace que me sienta nervioso	0,0%	0,0%	28,6%	21,4%	35,7%	35,7%	14,3%	28,6%	21,4%	14,3%
P8. No me altero cuando tengo que trabajar en problemas de esta asignatura	7,1%	0,0%	21,4%	42,9%	28,6%	42,9%	35,7%	14,3%	7,1%	0,0%
P9. Los contenidos de esta asignatura hacen que me sienta incómodo y nervioso	7,1%	0,0%	28,6%	7,1%	50,0%	50,0%	14,3%	35,7%	0,0%	7,1%

Con respecto a las opiniones de los estudiantes antes de implementada la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes señaló no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (64,3%) en que la asignatura se les da bastante mal. Estar *en desacuerdo* (28,6%) y no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (28,6%) en que estudiar o trabajar con la asignatura no les asusta en absoluto. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (50%) en que la asignatura es una de las que más temen. Estar *de acuerdo* (57,1%) en que tienen confianza en sí mismos cuando se enfrentan a un problema de la asignatura.

Estar *en desacuerdo* (35,7%) y no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (35,7%) en que cuando se enfrentan a un problema de la asignatura se sienten incapaces de pensar con claridad. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (42,9%) en que están calmados y tranquilos cuando se enfrentan un problema de la asignatura y trabajar con los contenidos de la asignatura hace que se sientan nerviosos (35,7%). Estar *de acuerdo* (35,7%) en que no se alteran cuando tienen que trabajar en problemas de la asignatura. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (50%) en que los contenidos generan incomodidad y nerviosismo.

En relación con las opiniones de los estudiantes posterior a la implementación de la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de

estudiantes señaló no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (42,9%) en que la asignatura se les da bastante mal y que estudiar o trabajar con la asignatura no les asusta en absoluto (57,1%). Estar *de acuerdo ni en desacuerdo* (42,9%) en que la asignatura es una de las que más temen. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (50%) en que tienen confianza en sí mismos cuando se enfrentan a un problema de la asignatura.

Estar *en desacuerdo* (35,7%) y no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (35,7%) en que cuando se enfrentan a un problema de la asignatura se sienten incapaces de pensar con claridad, que están calmados y tranquilos cuando se enfrentan un problema de la asignatura (42,9%) y trabajar con los contenidos de la asignatura hace que se sientan nerviosos (35,7%). Estar *en desacuerdo* (42,9%) y no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (42,9%) en que no se alteran cuando tienen que trabajar en problemas de la asignatura. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (50%) en que los contenidos de la asignatura hacen que se sientan incómodos y nerviosos.

En la Tabla 3 se muestra el resumen de las opiniones para los reactivos que componen el factor Agrado.

**Tabla 3.** Resultados del análisis descriptivo del factor Agrado

Agrado	CD		ED		NA		DA		CA	
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos
P10. Utilizar esta asignatura es una diversión para mí	0,0%	14,3%	28,6%	21,4%	35,7%	57,1%	28,6%	7,1%	7,1%	0,0%
P11. Me divierte hablar con otros de esta asignatura	0,0%	7,1%	0,0%	28,6%	78,6%	35,7%	21,4%	28,6%	0,0%	0,0%
P12. Los contenidos de esta asignatura son agradables y estimulantes para mí	0,0%	7,1%	7,1%	14,3%	28,6%	42,9%	50,0%	35,7%	14,3%	0,0%
P13. Si tuviera oportunidad me inscribiría en más cursos como esta asignatura de los que son necesarios	7,1%	7,1%	7,1%	7,1%	57,1%	42,9%	14,3%	28,6%	14,3%	14,3%

Con respecto a las opiniones de los estudiantes antes de implementada la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes manifestó no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (35,7%) en que utilizar la asignatura es una diversión para ellos y que les divierte hablar con otros de esta asignatura (78,6%). Estar *de acuerdo* (50%) en que los contenidos de la asignatura son agradables y estimulantes para ellos. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (57,1%) en que si tuvieran la oportunidad se inscribirían en más cursos como esta asignatura de los que son necesarios.

En relación con las opiniones de los estudiantes posterior a la implementación de la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes mencionó no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (57,1%) en que utilizar la asignatura es una diversión para ellos, les divierte hablar con otros de esta asignatura (35,7%), los contenidos de la asignatura son agradables y estimulantes para ellos (42,9%), y en que si tuvieran la oportunidad se inscribirían en más cursos como esta asignatura de los que son necesarios (42,9%).

En la Tabla 4 se presenta el resumen de las opiniones para los reactivos que componen el factor Utilidad.

**Tabla 4.** Resultados del análisis descriptivo del factor Utilidad

Utilidad	CD		ED		NA		DA		CA	
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos
P14. Considero esta asignatura como una materia muy necesaria en la carrera	7,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,1%	21,4%	42,9%	71,4%	50,0%
P15. Quiero llegar a tener un conocimiento más profundo de esta asignatura	0,0%	0,0%	7,1%	0,0%	0,0%	7,1%	57,1%	57,1%	35,7%	35,7%
P16. Espero tener que utilizar poco los contenidos de esta asignatura en mi vida profesional	14,3%	0,0%	14,3%	14,3%	35,7%	50,0%	28,6%	28,6%	7,1%	7,1%
P17. Para el desarrollo profesional de nuestra carrera considero que existen otras asignaturas más importantes que esta asignatura	0,0%	0,0%	14,3%	28,6%	64,3%	50,0%	14,3%	14,3%	7,1%	7,1%

P18. Me gustaría tener una ocupación en la cual tuviera que utilizar los contenidos de esta asignatura	7,1%	21,4%	21,4%	35,7%	42,9%	42,9%	21,4%	0,0%	7,1%	0,0%
P19. Para el desarrollo profesional de mi carrera una de las asignaturas más importantes que ha de estudiarse es la de esta asignatura	0,0%	0,0%	7,1%	14,3%	42,9%	35,7%	21,4%	50,0%	28,6%	0,0%

Con respecto a las opiniones de los estudiantes antes de implementada la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes manifestó estar *completamente de acuerdo* (71,4%) en que consideran la asignatura como una materia muy necesaria en la carrera. Estar *de acuerdo* (57,1%) en que quieren llegar a tener un conocimiento más profundo de la asignatura. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (35,7%) en que esperan tener que utilizar poco los contenidos de esta asignatura en sus vidas, para el desarrollo profesional de sus carreras consideran que existen otras asignaturas más importantes (64,3%), les gustaría tener una ocupación en la cual tuvieran que utilizar los contenidos de la asignatura (42,9%) y que para el desarrollo profesional de sus carreras una de las asignaturas más importantes que ha de estudiarse es esta asignatura (42,9%).

En relación con las opiniones de los estudiantes posterior a la implementación de la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes declaró estar *completamente de acuerdo* (50%) en que consideran la asignatura como una materia muy necesaria en la carrera. Estar *de acuerdo* (57,1%) en que quieren llegar a tener un conocimiento más profundo de la asignatura. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (50%) en que esperan tener que utilizar poco los contenidos de esta asignatura en sus vidas, para el desarrollo profesional de sus carreras consideran que existen otras asignaturas más importantes (50%) y les gustaría tener una ocupación en la cual tuvieran que utilizar los contenidos de la asignatura (42,9%). Estar *de acuerdo* (50%) que para el desarrollo profesional de sus carreras una de las asignaturas más importantes que ha de estudiarse es esta asignatura.

En la Tabla 5 se exhibe el resumen de las opiniones para los reactivos que componen el factor Motivación.

**Tabla 5.** Resultados del análisis descriptivo del factor Motivación

Motivación	CD		ED		NA		DA		CA	
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos
P20. Esta asignatura es demasiado teórica como para ser de utilidad práctica para un profesional medio	14,3%	14,3%	35,7%	57,1%	50,0%	21,4%	0,0%	0,0%	0,0%	7,1%
P21. Los contenidos de esta asignatura pueden ser útiles para quien se dedique a la investigación, pero no para un profesional medio	7,1%	0,0%	35,7%	35,7%	35,7%	57,1%	14,3%	7,1%	7,1%	0,0%
P22. Los contenidos que se imparten en las clases de esta asignatura son MUY POCO interesantes	14,3%	21,4%	78,6%	50,0%	7,1%	28,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Con respecto a las opiniones de los estudiantes antes de implementada la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes señaló no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (50%) en que la asignatura es demasiado teórica como para ser de utilidad práctica para un profesional promedio. Estar *en desacuerdo* (35,7%) y no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (35,7%) en que los contenidos de la asignatura pueden ser útiles para quien se dedique a la investigación, pero no para un profesional medio. Estar *en desacuerdo* (78,6%) en que los contenidos que se imparten en las clases de la asignatura son muy poco interesantes.

En relación con las opiniones de los estudiantes posterior a la implementación de la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes declaró estar *en desacuerdo* (57,1%) en que la asignatura es demasiado teórica como para ser de utilidad práctica para un profesional medio. No estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (57,1%) en que los contenidos de la asignatura pueden ser útiles para quien se dedique a la investigación, pero no para un profesional medio. Estar *en desacuerdo* (50%) en que los contenidos que se imparten en las clases de la asignatura son muy poco interesantes.

En la Tabla 6 se muestra el resumen de las opiniones para los reactivos que componen el factor Confianza.

**Tabla 6.** Resultados del análisis descriptivo del factor Confianza

Confianza	CD		ED		NA		DA		CA	
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos
P23. Saber cómo utilizar los contenidos de esta asignatura incrementaría mis posibilidades de trabajo	0,0%	0,0%	7,1%	0,0%	21,4%	42,9%	42,9%	28,6%	28,6%	28,6%
P24. Me provoca una gran satisfacción llegar a resolver problemas de esta asignatura	0,0%	7,1%	7,1%	21,4%	21,4%	0,0%	21,4%	35,7%	50,0%	35,7%
P25. Si me lo propusiera creo que llegaría a dominar los contenidos de esta asignatura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	14,3%	21,4%	64,3%	35,7%	21,4%	42,9%

Con respecto a las opiniones de los estudiantes antes de implementada la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes declaró estar *de acuerdo* (42,9%) en que saber cómo utilizar los contenidos de la asignatura incrementaría sus posibilidades de trabajo. Estar *completamente de acuerdo* (50%) en que les provoca una gran satisfacción llegar a resolver problemas de la asignatura. Estar *de acuerdo* (64,3%) en que si se lo propusieran creen que llegarían a dominar los contenidos de la asignatura.

En relación con las opiniones de los estudiantes posterior a la implementación de la metodología Aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía, se observa que el mayor porcentaje de estudiantes manifestó no estar *ni de acuerdo ni en desacuerdo* (42,9%) en que saber cómo utilizar los contenidos de la asignatura incrementaría sus posibilidades de trabajo. Estar *de acuerdo* (35,7%) y *completamente de acuerdo* (35,7%) en que les provoca una gran satisfacción llegar a resolver problemas de la asignatura. Estar *completamente de acuerdo* (42,9%) en que si lo propusieran creen que llegarían a dominar los contenidos de la asignatura.

### 5.3 Análisis inferencial

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la prueba U de Mann-Whitney y el nivel de significancia (Sig. Asintótica). El análisis estadístico indicó que existen diferencias en los ítems P4 (U=42,0; Sig. 0,047), P5 (U=57,0; Sig. 0,047), P9 (U=54,5; Sig. 0,031) y P18 (U=56,0; Sig. 0,041), que corresponden a *tener confianza en sí mismo cuando se enfrentan a un problema de Balance de Energía y Masa*, *sentirse incapaz de pensar con claridad cuando se enfrentan a un problema de Balance de Energía y Masa*, *sentirse incómodo y nervioso al trabajar con Balance de Energía y Masa* y *la intención de tener una ocupación en la cual utilizar los contenidos de Balance de Energía y Masa*.

**Tabla 7.** Resultados del análisis inferencial

Inventario	Estadísticos de prueba			
		U	Sig. Asintótica	
Ansiedad	Dimensión	Ítem		
		P1	68,0	0,131
		P2	95,0	0,884
		P3	71,0	0,188
		P4	42,0	0,007*
		P5	57,0	0,047*
		P6	58,0	0,053
		P7	92,5	0,793
		P8	72,0	0,210
Agrado		P9	54,5	0,031*
		P10	69,0	0,155
		P11	77,5	0,291
		P12	61,5	0,073
Utilidad		P14	88,0	0,621
		P14	79,0	0,311
		P15	97,5	0,979
		P16	87,0	0,593
		P17	87,0	0,572

	P18	56,0	0,041*
	P19	80,5	0,394
Motivación	P20	83,5	0,471
	P21	97,5	0,980
	P22	86,5	0,535
Confianza	P23	91,0	0,734
	P24	81,5	0,423
	P25	85,5	0,530

#### 5.4 Comparaciones *post hoc*

Con respecto a las comparaciones *post hoc* asociadas a la prueba U de Mann-Whitney, el análisis indicó que disminuyó significativamente la opinión de los estudiantes luego de aplicada la metodología sobre la confianza en sí mismos cuando se enfrentan a un problema de la asignatura (mediana inicial 3 mediana final 1) y que les gustaría tener una ocupación en la cual tuvieran que utilizar los contenidos de la asignatura (mediana inicial 2 mediana final 1).

En la Figura 1 se muestra el resumen de la variación de la opinión de los estudiantes sobre la confianza en sí mismo al enfrentar un problema de la asignatura, de donde se observa que el porcentaje de estudiantes que declaró sentirse *totalmente en desacuerdo* subió de 0% a 14%, estar *en desacuerdo* subió de 29% a 43%, *ni de acuerdo ni en desacuerdo* se incrementó de 14% a 43%, mientras que estar *de acuerdo* bajó de 57% a 0%. En ambas mediciones 0% de los estudiantes declaró estar *totalmente de acuerdo*.

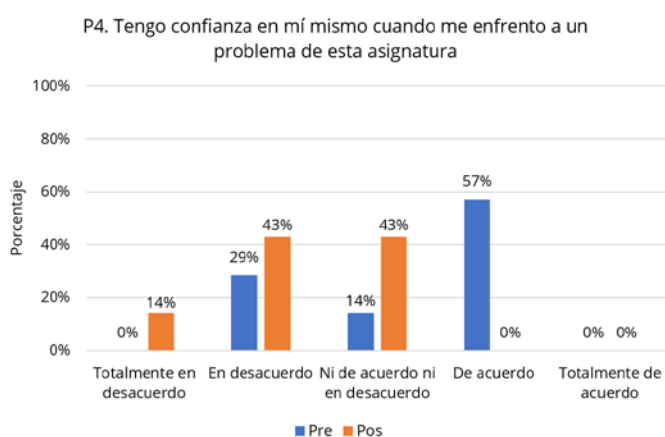


Figura 1. Variación de la opinión sobre la confianza en sí mismo en la asignatura

En la Figura 2 se muestra el resumen de la variación de la opinión de los estudiantes sobre sentirse incapaz de pensar con claridad al enfrentarse a un problema de la asignatura, de donde se observa que el porcentaje de estudiantes que declaró sentirse *totalmente en desacuerdo* bajó de 14% a 0%, estar *en desacuerdo* bajó de 36% a 14%, *ni de acuerdo ni en desacuerdo* se incrementó de 36% a 50%, mientras que estar *de acuerdo* subió de 7% a 29%. En ambas mediciones 7% de los estudiantes declaró estar *totalmente de acuerdo*.

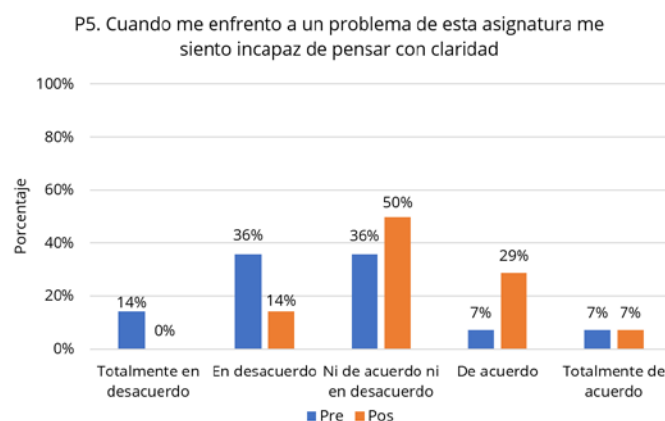
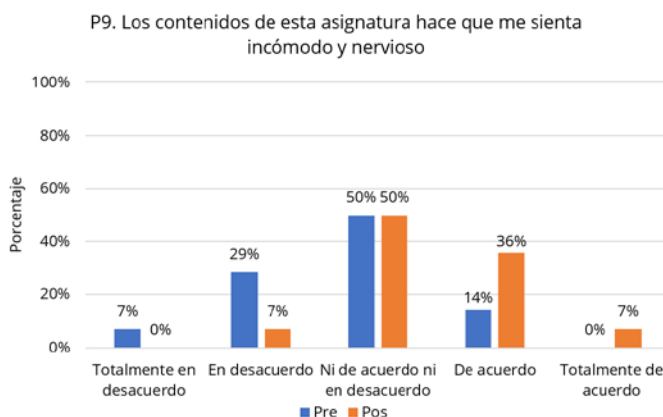


Figura 2. Variación de la opinión sobre sentirse incapaz de pensar con claridad en la asignatura

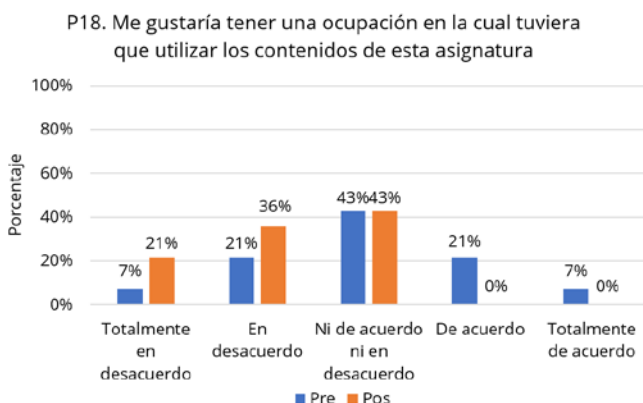


En la Figura 3 se muestra el resumen de la variación de la opinión de los estudiantes sobre la incomodidad y el nerviosismo relacionados con los contenidos de la asignatura, de donde se observa que el porcentaje de estudiantes que declaró sentirse *totalmente en desacuerdo* bajó de 7% a 0%, estar *en desacuerdo* bajó de 29% a 7%, *ni de acuerdo ni en desacuerdo* se mantuvo en 50%, mientras que estar *de acuerdo* subió de 14% a 36%, finalmente estar *totalmente de acuerdo* subió de 0% a 7%.



**Figura 3.** Variación de la opinión sobre la incomodidad y el nerviosismo relacionado con la asignatura

En la Figura 4 se muestra el resumen de la variación de la opinión de los estudiantes sobre la posibilidad de tener una ocupación en donde se utilizarían contenidos de la asignatura. de donde se observa que el porcentaje de estudiantes que declaró sentirse *totalmente en desacuerdo* subió de 7% a 21%, estar *en desacuerdo* subió de 21% a 36%, *ni de acuerdo ni en desacuerdo* se mantuvo en 43%, mientras que estar *de acuerdo* bajó de 21% a 0%, finalmente estar *totalmente de acuerdo* bajó de 7% a 0%.



**Figura 4.** Variación de la opinión sobre la posibilidad de tener una ocupación relacionada con la asignatura

## 6. CONCLUSIONES

Se decidió diseñar una actividad pedagógica bajo la metodología aprendizaje-servicio en la asignatura de Balance de Masa y Energía dado que, que esta asignatura tiene históricamente altas tasas de reprobación en Ingeniería Civil Ambiental, dada la naturaleza de esta, ya que los contenidos abarcados exigen un conocimiento sólido en herramientas de cálculo integral, cálculo vectorial, ecuaciones diferenciales y análisis numérico. Por lo que era necesario comenzar a implementar actividades con metodologías activas que permitan que los estudiantes pongan en práctica conocimientos avanzados y teóricos en contextos cotidianos del entorno. Adicionalmente, esta metodología permite generar instancias y desafíos en los cuales los estudiantes ponen sus conocimientos y habilidades para la solución de problemas reales con un fin de aporte social a la comunidad.

Los resultados de este estudio mostraron que la actitud hacia el curso de Balance de Energía y Masa de los estudiantes disminuye durante el semestre. Sin embargo, las diferencias significativas se presentaron en la dimensión Ansiedad con tres reactivos y en la dimensión Utilidad con un reactivo. Por lo que queda como desafío implementar la metodología aprendizaje-servicio nuevamente en esta asignatura y utilizar otras técnicas de recolección de datos tales como grupos focales, entrevistas semiestructuradas y otro tipo de

escalas, que complementen el análisis de datos que permita tener una visión más detallada de la impresión y opinión de los estudiantes con metodologías activas como estas, ya que a pesar que los datos indicaron una retroceso generalizado en la actitud de los estudiantes, es crucial determinar si las implementaciones de nuevas metodologías didácticas aportan en mermar esta disminución.

Es decir, responder a cuestionamientos tales como ¿Existe disminución significativa en las dimensiones de la actitud utilizando la metodología tradicional para la realización de clases? ¿Cuál es el verdadero efecto de implementar metodologías activas en cursos tan densos como Balance de Masa y Energía a pesar de que una vez implementadas siga habiendo disminución en la actitud? ¿Esta disminución es igual no habiendo implementado metodologías activas?

Finalmente, los datos también indicaron que los estudiantes al final del semestre opinan que la complejidad de los contenidos y la dificultad inherentes a la asignatura era más alta que la que esperaban en un inicio. No obstante, estos resultados contrastan con que, a pesar de la dificultad del curso, sí es un curso útil en la formación de un ingeniero civil ambiental y que desearían poder profundizar de manera autónoma en contenidos de esta asignatura una vez finalizados los estudios de pregrado.

## REFERENCIAS

- [1] Leiva C. (2005). Conductismo, cognitivismo y aprendizaje. *Revista tecnología en marcha* 18, 66-73.
- [2] Auzmendi E. (1992). Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitarias. *Mensajero*.
- [3] Dewey J. (1986). *Experience and education*. *The Education forum* 50, 241-252.
- [4] Dewey J. (1916). *Democracy and education* by John Dewey. Project Gutenberg.
- [5] James W. (1984). *Psychology, briefer course*. Harvard University Press, 14.
- [6] Muñoz Á. (2006). Siete ejemplos para visualizar el aprendizaje-servicio. *Cuadernos de pedagogía* 357, 70-79.
- [7] Rovira J. (2011). Aprendizaje-servicio y educación para la ciudadanía. *Revista de educación* 1, 45-67.
- [8] Aramburuzabala P. et al. (2013). Educación desde y para la justicia social: Una experiencia de aprendizaje-servicio en la formación de maestros. *Omega*.
- [9] Martínez S. et al. (2018). Service-learning methodology in audiovisual communication. Effects and process. *Ijri-international journal of educational research and innovation* 9, 72-89.
- [10] Araya S. et al. (2012). Learning plus service as a methodology for the development of the critical thinking in the higher education. *Educación Médica Superior* 26, 594-603.
- [11] Baldwin S. (2007). What teacher candidates learned about diversity, social justice, and themselves from service-learning experiences. *Journal of Teacher Education* 58, 315-327.
- [12] Rosenberger R. (2000). Using meta-analysis for benefit transfer: in-sample convergent validity tests of an outdoor recreation database. *Water Resources Research* 36, 1097-1107.
- [13] Murillo F. (2011). Factores escolares asociados al desarrollo socio-afectivo en Iberoamérica. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa* 17, 1-23.
- [14] Banks J. (1997). *Educating citizens in a multicultural society*. Multicultural Education Series.
- [15] Guyton E. (2000). *Social justice in teacher education*. Taylor & Francis.
- [16] Bertomeu P. (2019). Los procesos participativos en aprendizaje-servicio. *Revista de pedagogía* 71, 115-131.
- [17] Folgueiras P. (2020). Service-learning: A survey of experiences in Spain. *Education, Citizenship and Social Justice* 15, 162-180.
- [18] Nemire R. (2004). Prescription for a healthy service-learning course: a focus on the partnership. *American Journal of Pharmaceutical Education* 68, 1-5.
- [19] Bheekie A. et al. (2007). Contextualising undergraduate pharmacy training in service-learning at the University of the Western Cape. *Education as Change* 11, 157-167.
- [20] Lahav O. (2018). Interpersonal social responsibility model of service learning: a longitudinal study. *Scandinavian journal of occupational therapy* 25, 61-69.
- [21] Marcilla I. (2022). Impact of service-learning educational interventions on nursing students: an integrative review. *Nurse Education Today*.
- [22] Kohlbry P. (2016). The impact of international service-learning on nursing students' cultural competency. *Journal of Nursing Scholarship* 48, 303-311.
- [23] Ganga F. (2021). Service-learning methodology in an integrated cost and marketing project. *Revista de Educación* 16, 51-64.
- [24] Arnold M. (2022). Sustainability service learning in economics. *Journal of International Education in Business* 15, 106-125.
- [25] Gómez I. et al. (2020). Service-learning in mathematics: Use of learning trajectories in university education. *Revista de Docencia Universitaria Complutense* 18, 213 - 234.
- [26] Cañadas L. y Santos M. (2020). Rendimiento académico del alumnado universitario participante en un programa de aprendizaje-servicio. *Publicaciones de la Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla*.
- [27] Said H. et al. (2019). Exploring outcomes of service-learning participation: Evidence from Pakistan. *Malaysian Journal of Learning and Instruction* 16, 125-154.
- [28] Palacios L. y Algarra E. (2020). El profesor posmoderno de ciencias sociales: un modelo de buenas prácticas en educación patrimonial. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* 18, 27-45.
- [29] Ricke A. (2018). Finding the right fit: Helping students apply theory to service-learning contexts. *Journal of Experiential Education* 41, 8-22.
- [30] Garger J. et al. (2020). A tipping point analysis of service-learning hours and student outcomes. *Education + Training* 62, 413-425.
- [31] Creswell J. (2013). *Educational research: planning, conducting, and evaluating*. Pearson.
- [32] Kumar S. et al. (2013). MEGA: A biologist-centric software for evolutionary analysis of DNA and protein sequences. *Briefings in bioinformatics*, 299-306.
- [33] Ruiz C. (2002). Instrumentos de investigación educativa: Procedimientos para su diseño y validación, 53-73.

# Análisis de la influencia de impartir contenidos académicos sobre inteligencia emocional en el desarrollo de competencias laborales

Maritza Marleney Gómez Barreto<sup>1</sup>

Francisco Javier Cartes Arenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de estimulación temprana Mapukids, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Arturo Prat, Chile

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar la influencia de incorporar contenidos académicos sobre la inteligencia emocional, en el currículo del programa de pregrado en Negocios Internacionales de la Corporación Unificada Nacional de Educación Superior CUN, Colombia. Para analizar esta influencia, el estudio se basó en la Teoría de Aprendizaje Significativo de David Ausubel, y la metodología se fundamentó en las propuestas que hacen los enfoques positivista y constructivista en el método de la observación. Finalmente, después de la recolección de datos y la observación de una población determinada de estudiantes de la CUN, se concluye que la falta de contenidos académicos de la inteligencia emocional representa una desventaja en el desarrollo de competencias laborales de los estudiantes.

---

<sup>1</sup> Magíster en Educación Superior. Contacto: [directoraicfa@gmail.com](mailto:directoraicfa@gmail.com)

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el momento en que los estudiantes colombianos de pregrado finalizan sus estudios de pregrado, se encuentran con la dificultad de no encontrar trabajo calificado en el que puedan desempeñarse como profesionales, lo cual genera frustración, arrepentimiento y desesperación por no superar la crisis de desempleo e insuficiencia económica [1]. Examinando datos nacionales [2], el departamento del Chocó, por ejemplo, cuenta con la menor tasa de vinculación laboral de los recién graduados de nivel universitario durante el 2016, seguido del Departamento de Córdoba con un 62,8%.

A lo anterior se agrega que el mundo laboral se ha renovado, la experiencia y los conocimientos no son suficientes para encontrar trabajo, los empleadores necesitan actualmente de personas que además de manejar conocimientos, puedan aplicarlos y sobre todo sean creativas y capaces de reinventarse. Por lo tanto, para mejorar las oportunidades de empleabilidad, es importante que el currículo del programa de Negocios Internacionales de la CUN, responda satisfactoriamente a las necesidades tanto de empleadores como de los estudiantes. Es decir que, además de los contenidos programáticos, el currículo debe contemplar el desarrollo humano formando de forma integral al educando con acciones de desarrollo emocional, que los lleve a potenciar sus competencias laborales.

La Inteligencia emocional es un componente clave que repercute en el bienestar social, mental y al desarrollo emocional de los estudiantes, ayudándoles a regular y gestionar sus emociones, esto les facilita comprender su entorno y tomar decisiones acertadas, lo que hace hincapié en que debe de ser un elemento continuo y progresivo desarrollado por medio de las entidades educativa [3]. Una de las líneas de investigación que está causando interés en los últimos años a nivel global dentro del campo de la Inteligencia Emocional, ha sido el análisis del papel que desempeñan las emociones en el contexto profesional y, sobre todo, profundizar en la influencia de la inteligencia emocional a la hora de determinar el éxito profesional y su adaptación al lugar de trabajo. En [4] se señala que:

*Se logró cumplir con el objetivo de evidenciar la relación entre Inteligencia Emocional y el liderazgo del talento humano por parte de los jefes departamentales, jefes de área y jefes de equipo o supervisores, del Servicio de Rentas Internas Regional Austro.*

En Consecuencia, la evolución del concepto de inteligencia emocional y las necesidades de la población universitaria colombiana, en específico de los estudiantes del programa de Negocios Internacionales de la CUN, se presentan como aliados para la superación de limitantes y barreras tanto económicas como laborales. Finalmente, se propone que el currículo académico del programa de Negocios Internacionales de la CUN, esté relacionado con contenidos académicos de inteligencia emocional, para potenciar habilidades laborales, que mejoren las oportunidades de emplearse de los egresados. La pregunta que se busca resolver es: ¿Cómo el desarrollo de competencias laborales en los estudiantes de pregrado en Negocios Internacionales de la CUN, se ve influenciado por contenidos académicos de la inteligencia emocional?

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Cognición

La cognición es la capacidad de procesar información a partir de los estímulos que llegan del mundo exterior a través de los sentidos, es decir a partir de la percepción, el conocimiento adquirido con la experiencia, incluso las características particulares de cada persona; en otras palabras, es la capacidad de convertir toda esa información en conocimiento [5]. Adicionalmente, contempla procesos como la memoria, la resolución de problemas, la toma de decisiones y los sentimientos, todos estos contemplan la capacidad del individuo de aprender.

En el enfoque cognitivo la mente humana se ha dividido en tres esferas fundamentales: cognición, afecto y motivación. Perteneciente a la esfera afectiva se encuentran constructos como estados de ánimo, sentimientos y emociones. La esfera motivacional se integra con la capacidad que tiene el individuo para formular y conseguir metas y está compuesta de habilidades como el autocontrol, el entusiasmo, la persistencia y la automotivación [6].

La psicología cognitiva por su parte es la que ha desarrollado estudios sobre, cómo el procesamiento de la información influye en la conducta y qué relación tienen los diferentes procesos mentales en la adquisición del conocimiento [5].

## 2.2 Competencia emocional

El concepto de competencia emocional, es importante diferenciarlo de la inteligencia emocional, para poder profundizar en la investigación e impacto de las capacidades emocionales de los jóvenes estudiantes de pregrado. Una competencia es concebida como la capacidad para movilizar debidamente un conjunto de conocimientos, capacidades, habilidades y actitudes necesarias para ejecutar diferentes actividades con un cierto nivel de calidad y eficacia [7].

El estudio en [6], indica que las competencias emocionales son el conjunto de conocimientos, capacidades, habilidades y actitudes necesarios para tomar conciencia, comprender, expresar y regular de forma apropiada los fenómenos emocionales cuya finalidad es aportar un valor añadido a las funciones profesionales y promover el bienestar personal y social. A partir de esta definición se formula un modelo de competencias emocionales que se compone de lo siguiente:

- Conciencia emocional
- Regulación emocional
- Autonomía emocional
- Competencia social
- Competencias para la vida y el bienestar

## 2.3 Inteligencia emocional

Para saber cómo desarrollar investigaciones transformadoras adecuadas en la educación superior, es necesario implementar una educación que incluya la Inteligencia Emocional, como parte del desarrollo integral de los estudiantes, y para eso se necesita determinar, delimitar y entender el término. Aunque resulte una tarea difícil, la separación de los términos de competencia e inteligencia emocional, el paradigma cognitivo saca definitivamente la competencia emocional de la definición de inteligencia emocional, al encargarse del estudio específico de cómo las emociones influyen en las acciones y el pensamiento.

Si bien poseer inteligencia emocional requiere de algunas reacciones *adecuadas o correctas* a determinados sucesos, en el campo de las emociones hay ocasiones en que no existe una respuesta correcta sino muchas respuestas correctas, por tanto, al ser la inteligencia emocional una herramienta en el procesamiento de información, evita que el comportamiento emocional sea etiquetado como *bueno* o como *malo*, no dicta la manera en que una persona debe pensar o sentir sino que orienta al proceso de investigación personal respetando la cultura, subcultura, política, etnia, religión y otras características del individuo [6].

## 2.4 Mercado laboral colombiano

El mundo empresarial colombiano, está dividido en la actualidad en torno a dos supuestos. La de aquellos que aseguran que las universidades no están formando a los estudiantes para encarar la vida laboral y los que defienden el papel de las instituciones de educación superior y su trabajo pertinente formando a los futuros profesionales.

Del primer grupo es, entre otros, la Asociación Nacional de Instituciones Financieras ANIF. La conclusión de la Gran Encuesta Pyme 2016 y que elabora el gremio cada año es que *la formación profesional ofrecida por el Sena y otros centros educativos públicos y privados sí responde a las necesidades de su empresa*. Así opinaron el 70% de los encuestados del sector industria, el 66% de comercio y 72% del sector servicios. Una mayoría que contrasta con las voces minoritarias que señalaron que la formación es insuficiente y apuntaron a la necesidad de hacerla más práctica y técnica [8].

Al grupo de escépticos con la pertinencia de la formación de educación superior que reciben los jóvenes pertenece, por ejemplo, el Banco Mundial. Según las cifras que se mencionan en [8], en Colombia el 47% de los empresarios dicen tener dificultades para cubrir sus vacantes por la falta de competencias de los egresados. Pero en lo que coinciden tanto detractores como partidarios del actual sistema educativo es en que las competencias socioemocionales y el empleo de las nuevas tecnologías de la información son fundamentales para acceder a un puesto de trabajo.

En definitiva, actualmente no es suficiente tener las mejores calificaciones académicas, es necesario tener la capacidad de trabajar en cualquier ambiente laboral con destreza. Las empresas además de valorar los conocimientos técnicos resaltan la importancia y relevancia de las destrezas sociales, la capacidad de interactuar con compañeros y clientes, que generen un buen ambiente laboral [9]. Es decir que, las empresas buscan además de los mejores profesionales que dominen las técnicas y prácticas, personal con capacidad de innovación, trabajo en equipo, iniciativa, empatía, entre otros.

## 2.5 Contenidos académicos de la inteligencia emocional

Una de las alternativas de análisis para, establecer la influencia de impartir Contenidos Académicos de la inteligencia emocional a los estudiantes de pregrado en Negocios Internacionales de la CUN para el desarrollo de competencias laborales, está representada en la teoría de aprendizajes significativos del psicólogo y pedagogo David Ausubel [10].

Ausubel, logró romper la creencia, influenciada por una perspectiva conductista de la labor educativa, en la que el aprendizaje se consideraba análogo al cambio de conducta; sin embargo, afirmó con certeza que el aprendizaje humano va más allá de un simple cambio de conducta, sino que conduce a un cambio en el significado de la experiencia.

En [10] también se resaltan tres elementos del sistema educativo a tener en cuenta: 1) los profesores y su manera de enseñar, 2) la estructura de los conocimientos que conforman el currículo y el modo en que éste se produce, y 3) el entramado social en el que se desarrolla el proceso educativo. En cuanto al primer elemento, es válido resaltar la psicología educativa proporciona los principios bajo los cuales los profesores descubran por sí mismos los métodos de enseñanza más eficaces, pero al no ser este ápice el objetivo de estudio, se da paso al segundo elemento provisto por el psicólogo.

Así las cosas, el currículo de alguna manera debe contemplar no solo las ideas a aprender, sino la manera en cómo el estudiante las va a relacionar, para esto el currículo no puede ser diseñado de manera arbitraria, sino que debe considerar las características sociales que influyen a la población que estudiará dicho currículum, por ejemplo, estrato socioeconómico, edad, entre otros. Debe tener plena claridad de la realidad que le atañe [10].

Además, el currículo debe tener la mirada fija, en la formación integral del estudiantado, para lograrlo, en cuanto se conozcan las necesidades de esta población, se puede formular un ideal de formación adecuado para ellos y así superar dichas necesidades. La formación integral, contempla la preparación social e individual de las personas tanto científica, como ideológica y espiritualmente. Entonces, todo proceso de formación integral debe procurar que, desde todas las disciplinas académicas, los estudiantes encadenen los contenidos de la enseñanza con su significación ética, cultural y estética [11].

## 2.6 Aprendizaje significativo y competencias laborales

Según [10], la característica más importante del aprendizaje significativo es que, produce una interacción entre los conocimientos más relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones (no es una simple asociación), de tal modo que éstas adquieren un significado y son integradas a la estructura cognitiva. En [10] también expone el aprendizaje mecánico, el cual se produce cuando:

*No existen sub-sunores adecuados, de tal forma que la nueva información es almacenada arbitrariamente, sin interactuar con conocimientos preexistentes, un ejemplo de ello sería el simple aprendizaje de fórmulas en física, esta nueva información es incorporada a la estructura cognitiva de manera literal y arbitraria puesto que consta de puras asociaciones arbitrarias.*

Para lograr que el estudiante manifieste una disposición adecuada para relacionar el material curricular con su estructura cognoscitiva, el material que aprende debe ser significativo para él, esto presupone según Ausubel:

*Que el material sea potencialmente significativo, esto implica que el material de aprendizaje pueda relacionarse de manera no arbitraria y sustancial (no al pie de la letra) con alguna estructura cognoscitiva específica del estudiante, la misma que debe poseer significado lógico, es decir, ser relacionable de forma intencional y sustancial con las ideas correspondientes y pertinentes que se hallan disponibles en la estructura cognitiva del estudiante, este significado se refiere a las características inherentes del material que se va aprender y a su naturaleza.*

Cuando el significado potencial se convierte en contenido cognoscitivo nuevo, diferenciado e idiosincrático dentro de un individuo en particular como resultado del aprendizaje significativo, se puede decir que ha adquirido un *significado psicológico* de esta forma el emerger del significado psicológico no solo depende de la representación que el estudiante haga del material lógicamente significativo, *sino también que tal estudiante posea realmente los antecedentes ideativos necesarios* en su estructura cognitiva [10].

Por tanto, al ser el interés de este trabajo que, los estudiantes objeto de estudio, puedan superar los limitantes de emplearse en la sociedad colombiana, a partir de la implementación de contenidos de la inteligencia emocional para el desarrollo de competencias laborales, la teoría de aprendizaje significativo.

## 2.7 Aprendizaje significativo para fomentar pensamiento crítico

La educación tradicional —que parte de un profesor que selecciona los contenidos de un programa, los organiza según su punto de vista y los explica, esperando que el educando aprenda esos contenidos y después los aplique— conlleva una lógica que ha sido rebasada por las demandas educativas actuales:

*El paradigma de la educación centrada en las competencias promueve una lógica contraria: ahora es esencial enfrentarse a una tarea relevante (situada) que generará aprendizaje por la puesta en marcha de todo el ser implicado en su resolución* [12].

En definitiva, de lo que se trata es de *aprender a aprender y aprender a cambiar*. El concepto de aprendizaje significativo introducido en [13], resulta de particular aplicación para ser tomado como base en los diseños de los actuales métodos de enseñanza.

Otro concepto de aplicación es el de pensamiento crítico, que se caracteriza por estar constituido por habilidades cognitivas de alto nivel, como clave para aprender a aprender y aprender a pensar. Las relaciones entre el pensamiento crítico y el aprendizaje significativo son entonces evidentes. En efecto, las investigaciones sobre aprendizaje y memoria muestran que para desarrollar el pensamiento crítico son fundamentales la adquisición de competencias metacognitivas y la evaluación epistemológica, o sea aprender a pensar en lo que se piensa [14].

Realmente, el uso del pensamiento crítico es una de las más importantes habilidades necesarias para el buen desempeño de las personas durante el siglo XXI. Esto se debe a que el pensamiento crítico involucra plantearse preguntas, analizar y evaluar –o emitir juicios de valor– basados en la información presentada. El pensamiento crítico involucra tres importantes etapas a seguir por el individuo cuando es enfrentado a una nueva información: 1) análisis inicial, 2) evaluación de la información, y 3) desarrollo de una posición personal sobre el problema basada en las lecturas, clases, tutoriales e investigaciones al respecto [14].

## 2.8 Aprendizaje

El aprendizaje puede conceptuarse como proceso interno de cambio, resultado de la experiencia del estudiante, tomando el término en su sentido más amplio y profundo, conforme al significado que ya le fue atribuido. Lo que hace que se produzca el cambio, en que el aprendizaje consiste, es la adquisición o incorporación de algo nuevo, que supone alguna variación o modificación en las adquisiciones previas [15].

Las distintas teorías del aprendizaje coinciden en proclamar que aprender implica cambiar conocimientos o conductas precedentes, postulando que el aprendizaje constituye un proceso en que, a partir de las



adquisiciones previas, se producen reorganizaciones o reestructuraciones del conocimiento y conducta. Pero, más allá de la inicial codificación de determinado elemento informativo, el sucesivo procesamiento implica procesamiento más profundo con modificaciones o cambios que representan grados, escalones y estadios más avanzados de aprendizaje [15].

Cabe mencionar el proyecto Alfa Tuning América Latina [16], cuyos objetivos fueron similares al del ejercicio europeo, se estableció para trabajar no en 7, sino en 12 áreas de ejercicio profesional: Administración de Empresas, Educación, Geología, Historia, Matemáticas, Física, Química, Arquitectura, Derecho, Enfermería, Ingeniería Civil y Medicina en [17]. El resultado del ejercicio en América Latina arrojó como competencias genéricas requeridas para el desempeño profesional en Latinoamérica, en orden de importancia, las que se evidencian en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Resultados para competencias genéricas

<b>Competencias Genéricas</b>	<b>Media</b>
1. Compromiso con la calidad	4,7
2. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica	4,6
3. Compromiso ético	4,6
4. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas	4,5
5. Capacidad de trabajo en equipo	4,5
6. Capacidad para organizar y planificar el tiempo	4,5
7. Capacidad para tomar decisiones	4,4
8. Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes	4,3
9. Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente	4,3
10. Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión	4,3
11. Habilidades interpersonales	4,3
12. Capacidad para actuar en nuevas situaciones	4,3
13. Capacidad de abstracción, análisis y síntesis	4,2
14. Habilidad para trabajar de forma autónoma	4,2
15. Capacidad de comunicación oral y escrita	4,2
16. Capacidad para formular y gestionar proyectos	4,2
17. Capacidad creativa	4,2
18. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas	4,1
19. Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación	4,1
20. Responsabilidad social y compromiso ciudadano	4,1
21. Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad	4
22. Compromiso con la preservación del medio ambiente	4
23. Capacidad crítica y autocrítica	3,9
24. Compromiso con su medio sociocultural	3,9
25. Capacidad de investigación	3,7
26. Habilidad para trabajar en contextos internacionales	3,7
27. Capacidad de comunicación en un segundo idioma	3,4

Estos resultados muestran el gran valor que le dan los empresarios a las competencias genéricas asociadas con la calidad, los valores éticos, el pragmatismo, la organización y la capacidad para trabajar con otros. Por el contrario, se observa que los empresarios consultados, en los tres periodos, no consideran tan significativas las competencias genéricas asociadas con crítica y autocrítica, compromiso con el medio sociocultural, investigación, trabajo en contextos internacionales o comunicación en un segundo idioma pues estuvieron por debajo de 4,0. Esto no quiere decir que no las consideren como parte del perfil profesional, sino que no son valoradas con la misma importancia en función de los intereses de la empresa.

En general se puede afirmar que, a nivel global, la opinión de los empresarios en los tres periodos sobre la importancia de las 27 competencias genéricas profesionales muestra un promedio general superior a 4,0, lo que indica que todas las competencias propuestas por el proyecto Alfa Tuning América Latina son consideradas muy pertinentes y valiosas para el desempeño de un administrador.

Con base en lo analizado en la investigación se puede afirmar que el modelo Tuning, a pesar de que ha tenido serias críticas y que seguramente tiene muchos aspectos por mejorar, sigue siendo un referente fundamental para el trabajo formativo de los profesionales del futuro, en este caso específico, de los profesionales. El trabajo por competencias, que implican los resultados, requiere trabajar en la revisión y

ajuste de las áreas de formación que se tienen en los planes de estudio de los programas académicos de administración en Colombia [17].

## 2.9 Gestión del conocimiento para el desarrollo de competencias laborales

Para entender el contexto que abarca el término *Capital Intelectual* [18]. Para [19] el capital intelectual consiste en la capacidad para transformar el conocimiento y los activos intangibles en recursos que crean riqueza tanto en las empresas como en los países. En [20] el capital intelectual es aquel conocimiento que puede ser convertido en beneficio en el futuro y que se encuentra formado por recursos tales como las ideas, los inventos, las tecnologías, los programas informáticos, los diseños y los procesos [4].

El conocimiento puede generarse dependiendo del contexto donde esté involucrada un problema en particular. El conocimiento puede ser expresado en palabras o cifras, puede ser fácilmente comunicado y compartido en formas diversas como datos, fórmulas, metodologías o procedimientos definidos. Es decir, todo lo que puede ser escrito o digitalizado para ser transmitido o almacenado ha sido denominado conocimiento, por lo tanto, el conocimiento se encuentra expuesto a la consulta, a la crítica, a la mejora [4].

## 3. MÉTODO

La investigación se realizó desde un enfoque cualitativo [21], donde se tuvo en cuenta que al realizar procesos de investigación con intervención social, debe considerarse que lo que se proyecta, es la búsqueda del avance de los diversos factores que se intentan conocer; por tanto, se da un enfoque epistemológico y metodológico de carácter reflexivo y crítico con el fin, que admita la retroalimentación y el fortalecimiento de los conocimientos teóricos que permitieron confrontar los propios conocimientos con las percepciones de los individuos muestra.

### 3.1 Instrumento

Se consideraron dos instrumentos de recolección de dato para este estudio. El primero corresponde a la observación planteada en el positivismo [10] y ha aportado a la efectiva superación de limitantes que ha presentado la misma es la observación planteada en el positivismo, como por ejemplo la timidez de algunos estudiantes en manifestar sus sentimientos de frente a su situación laboral, económica y sus expectativas académicas; por lo que la observación y recolección de información disponible en investigaciones han sido el mejor aliado en la realización de este estudio.

El segundo instrumento fue una entrevista semiestructurada [21] de 26 preguntas, por medio de la cual se indagó a 5 personas, sobre cuáles son las motivaciones que orientan hacia la autorrealización. El formato de entrevista semiestructurada se realizó a partir de la condición profesional y laboral de las personas entrevistadas y su relación con la autorrealización, con el fin, de que las preguntas a realizar fuesen lo más acertadas posible.

Con respecto al tema ético, se incluyó en la aplicación de la entrevista un consentimiento informado en el cual se les garantizó a los participantes el anonimato, señalando, además, que la participación era voluntaria y los resultados del estudio estaban orientados solo a fines científicos y educativos.

### 3.2 Participantes

La población estuvo constituida por los estudiantes jornada diurna y nocturna de formación superior de la CUN en la ciudad de Bogotá, con edades que fluctúan entre 14 y 38 años. La muestra corresponde a 214 estudiantes, entre el primero a octavo semestre, considerando del 2017 un número total de 100 estudiantes y del 2018 un número de 114 estudiantes.

En la Tabla 2 se presenta la distribución de la muestra. Además, se tomó una muestra intencionada [21] de 5 personas que hicieron parte más profunda de la investigación de manera voluntaria, conociendo con anticipación cual es el objetivo de la entrevista a realizar. Se realizó un primer acercamiento con el fin de

que los participantes conozcan y comprendan la investigación que se llevaría a cabo, cual es el papel que cumple la información que ellos suministren y también para generar espacios de confianza con el fin de garantizar una investigación lo más fiable posible.

**Tabla 2.** Distribución de la muestra

Período	Semestre	Edades	Asignatura	Jornada	Estudiantes	Desempleados	Empleados	Ejerciendo
2017	1	20 - 26	Introducción a los Negocios Internacionales	Nocturno	28	6	22	0
	7	14 - 36	Organismos y Convenios Internacionales	Diurno	13	12	1	0
	7	24 - 36	Economía Global	Diurno	6	6	0	0
	8	25 - 36	Relaciones Internacionales	Nocturno	32	14	18	7
	8	24 - 38	Visión Internacional	Nocturno	21	9	12	5
2018	1	17 - 23	Introducción a los Negocios Internacionales	Diurna	22	21	1	0
	7	24 - 36	Organismos y Convenios Internacionales	Nocturna	26	12	14	6
	7	24 - 36	Economía Global	Nocturna	18	8	10	3
	8	23 - 29	Relaciones Internacionales	Diurna	12	10	2	0
	8	24 - 38	Visión Internacional	Nocturna	36	15	21	10

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Observación

Como instrumento de recolección de datos mediante técnicas de observación de los estudiantes relacionados en las tablas anteriores, se sometió a interpretación las manifestaciones de los estudiantes, durante periodos y clases puntuales de participación, es importante mencionar que la continuidad en la población observada, se pudo garantizar debido a las asignaturas impartidas entre el 6 y el 8 semestre, puesto que quienes vieron alguna de las asignaturas de esos grados en 2017, vieron alguna de esas mismas asignaturas en 2018. Se observó la población relacionada durante agosto–noviembre de 2017 y febrero–mayo de 2018, en los horarios de las asignaturas relacionadas por lo menos una vez al mes, cuando el tutor de cada asignatura consideraba que la clase, permitía la participación, el debate y el acercamiento con los estudiantes.

Adicionalmente se observa, que los estudiantes que estudian en la jornada diurna son más jóvenes que los de su mismo semestre en jornada nocturna, y que por decisiones propias de sus familiares (quienes en la mayoría pagan sus estudios) con dedicación exclusiva a estudiar, los pocos que trabajan, lo hacen en negocios familiares, como una forma de aportar con su trabajo a la carga económica que supone pagar la educación superior de una persona.

Los estudiantes de la noche son mayores en edad y pagan sus estudios, deben sortear el día entre estudiar y trabajar, no tienen mucho tiempo libre para la recreación, la mayoría tienen hijos, de este grupo de estudiantes nocturnos, se observó durante todo el semestre que, si sus notas eran deficientes los primeros dos meses de clases, desertaban, mientras que los del día, sin importar sus notas, siempre asistían a clase.

Durante el tiempo de observación, se identificó que el común de toda la población es que no hay oportunidades laborales, aunque pasan hojas de vida, no los llaman a las entrevistas y algunos mencionaron que los empleadores, en las entrevistas, se ven inclinados a contratar a estudiantes de otras universidades del país, por el prestigio que esas universidades tienen. Los empleados, manifiestan inconformidad con las condiciones, sea por el tipo de contrato que tienen o por el ambiente laboral. Pero sobre todo manifestaron la preocupación porque no tienen experiencia en el sector para el que estudiaron, y sin experiencia no los contratan, lo que les cierra aún más las puertas.

Aquellos que tienen hijos, se emplean en *cualquier cosa*, incluso hay estudiantes de 7° y 8° semestre que se emplean como conductores de Uber, guardas de seguridad en bares de la ciudad, mientras que las mujeres, además de emplearse mediante la aplicación de Uber, se emplean como manicuristas.

## 4.2 Entrevista

En la Tabla 3 se presentan las respuestas de los estudiantes en la entrevista semiestructurada.

**Tabla 3.** Resultados entrevista semiestructurada

Preguntas	Estudiantes				
	1	2	3	4	5
1 ¿Tiene en claro qué se espera de usted en el trabajo?	Sí	Sí, porque conozco mi perfil de cargo y las responsabilidades que tengo con el mismo	Sí. La gestión de los programas académicos ofertados por la institución	Sí	Sí
2 ¿En su trabajo puede hacer lo que mejor hace todos los días?	Sí	Sí. Aunque en muchas situaciones no depende exclusivamente de lo que yo pueda hacer	Sí	Algunas veces	Sí
3 ¿En los últimos siete días ha recibido elogios por hacer un buen trabajo?	Sí	No. No se hacen ese tipo de celebraciones en la empresa donde yo laboro	Sí	No	No
4. ¿Sus opiniones cuentan en su trabajo?	Sí	En la mayoría de las ocasiones	Sí	Generalmente sí	Sí
5 ¿La misión o propósito de su compañía lo hacen sentir que su trabajo y profesión son importantes?	Sí	Sí, porque van con el sentido y la organización que tiene la compañía	Sí, claramente me identifica con el propósito de sentido social	Así es	No
6 ¿Está satisfecho con las oportunidades de crecimiento de su carrera en el lugar donde labora?	Sí	No al 100%, porque ya estoy llegando al tope	Sí, aunque podría ser mejor, todo ello debido a las condiciones actuales de pandemia y de conflicto social en Colombia	Más o menos	No
7 ¿Se siente valorado en el desempeño de su labor en su lugar de trabajo?	Sí	No al 100%. Hay momento dónde no se da la importancia que mis opiniones se merecen	Sí	Algunas veces	No
8 ¿Trabaja en lo que ha estudiado?	Sí	Sí, es correcto	Sí	Sí	No
9 ¿Qué le impide realizarse y vivir plenamente?	Me siento realizada en el plano personal y profesional... he vivido muchos momentos plenamente	Algunas malas decisiones en el ámbito financiero	La situación económica afecta el normal desarrollo de planes a futuro, aunque la independencia hace que, de una u otra manera, se pueda	La falta de oportunidades	Oportunidad laboral
10 ¿Para qué necesita sentirse realizado?	La auto-realización es un proceso del día a día y creo que lo he llevado a cabo a lo largo de mi vida	Para tener una mejor calidad de vida, que la que ostentó actualmente	Para trascender	Para sentir satisfacción y motivación	Por ver el cumplimiento de los anhelos y propósitos

11	¿Cómo podría su trabajo ayudarlo a lograr lo que quiere?	Ofrece tiempo	Recibiendo una mejor remuneración salarial	Mi trabajo podría ayudarme a lograr lo que quiero si se dan espacios de libertad y crecimiento en relación con la competencia adquirida, es decir, si se cuenta con la oportunidad de trabajar y potencializar lo aprendido	Perfeccionando mis competencias	Económicamente
12	¿Qué cosas lo hacen reír?	Una película, una plática divertida con algún amigo o amiga	Chistes, la misma vida en general	Muchas, la gente de buen humor y respeto por la vida	Algunas situaciones cotidianas	Las cosas casuales de la vida
13	¿Cuándo fue la última vez que se sintió avergonzado? ¿Qué ocurrió? ¿Cómo manejó la situación?	No lo recuerdo	Cuando tuve que enfrentar una situación en la que fui calumniado	Reserva	Una vez estaba estresada y conteste de forma inadecuada. Inmediatamente reaccioné y ofrecí excusas	Generalmente con calma
14	¿Qué actividades lo entusiasman?	Viajar	El ejercicio, la lectura, el estudio	Socializar y compartir en espacios abiertos de diálogo	Escuchar música, jugar baloncesto, cantar, compartir con mi familia	Realizar ejercicios
15	¿Qué hace para divertirse?	Ir a la playa, salir a cenar	Hacer deporte. Compartir con amigos, familia	Relacionarme con otros (deporte)	Escuchar música y cantar muy fuerte	Descansar, hacer deporte
16	¿Cuáles son dos de sus hábitos que le han funcionado bien?	Socializar y establecer metas y visualizarlas	La disciplina y la constancia	Madrugar y respetar los tiempos	Escuchar música, jugar baloncesto	Leer y el quehacer de la casa
17	¿Cómo recibe la ayuda de otras personas?	Con buenos consejos	Con buena actitud y humildad	A veces (muchas) con desconfianza	Con agrado y gratitud	La comunicación y compañía
18	¿Se siente cómodo al pedir ayuda a otras personas?	No suelo pedir ayuda... solo converso con mi mejor amiga cuando lo necesito	Sí, cuando lo requiero	No	No mucho	Sí
19	¿Cuál es uno de los retos que tiene que superar todos los días?	Ser más paciente	El mal carácter y la forma de reaccionar frente a momentos de frustración	Economía	El tráfico	Las emociones
20	¿Qué cosas lo hacen enojar?	El desorden	Que las personas no tengan claro lo que deben hacer en su trabajo	El engaño y la burla	La desconsideración de la gente y su egoísmo	La falta de consideración
21	¿Qué aspecto de su trabajo lo apasiona?	Planificar	Todo lo que está relacionado con mi carrera y profesión me apasiona	La relación con otras personas para enseñar	escribir y enseñar	Las discusiones académicas
22	¿Cómo podría crear un mayor equilibrio en su vida?	Priorizando tareas	Dedicando más tiempo a desarrollar actividades de crecimiento	Perdonando las ofensas pasadas	Tomado cada cosa de la cotidianidad con serenidad y calma	Poder tener a la familia en mejor condición
23	¿Quién lo inspira? ¿Por qué?	Mi hija es mi motor	Jesucristo, porque es el mayor líder que ha existido	Mi madre... Ejemplo de disciplina	Mi familia, porque los amo y quiero lo mejor para ellos	Las metas

24	Durante un día normal ¿Se considera una persona con alta o baja energía?	Alta energía	Con alta energía	Alta	Alta en la mañana y baja al terminar el día	Alta energía
25	Durante un día cualquiera ¿Su enfoque principal está en los resultados o en las personas y sus emociones?	Está en lograr lo q he planeado para el día	En los resultados	Personas, pero también en los resultados	Generalmente, pero hay situaciones ocasionales que mi enfoque está en las personas y sus emociones	En los resultados
26	¿Considera que el contenido curricular durante su carrera le permitió adquirir herramientas para alcanzar su autorrealización y sortear situaciones que lo puedan afectar?	Algunas veces	Sí, porque el comercio exterior y la logística mueven el mundo	Sí	Totalmente	No

Considerando la información de la Tabla 3 y la percepción del investigador frente al diálogo sostenido, se observó que ninguno manifiesta intentar crear empleo, ni emprender con un negocio propio, tampoco manifiestan ningún comportamiento diferente a quejarse por la mala situación y las dificultades de empleo. Además, los pocos que presentaron ansiedad por no poder ejercer su carrera de alguna manera, no se responsabilizan ni a ellos mismos, ni a la educación impartida por la universidad; solo a los empleadores, como si estos no quisieran darles la oportunidad de emplearse ni poner en práctica sus conocimientos.

### 4.3 Interpretación de datos

Durante la observación a los estudiantes, la revisión teórica disponible y la interpretación por parte del investigador, lo que se pretende es finalmente responder a la pregunta ¿Cómo el desarrollo de competencias laborales, en los estudiantes de pregrado en Negocios Internacionales de la CUN, se ve influenciado por contenidos académicos de la inteligencia emocional?

Pues bien, la ausencia de contenidos académicos de la inteligencia emocional en el programa de Negocios Internacionales de la CUN, ha llevado a que los estudiantes se estén limitando a un aprendizaje mecánico, evidenciándolo en la lectura de trabajos finales que entregaron a su profesor (el mismo durante ambos semestres) y en actividades como exposiciones, la investigación hecha para presentar sus tareas académicas solo se limitaba a la recolección de datos, pero no a la interpretación, análisis ni la posición crítica en algún aspecto, incluso el pensamiento que algunos mostraron era inmaduro para su edad y su formación académica.

Por tanto, es necesario, que el currículo permita actividades autónomas, que empoderen al estudiante en su proceso de aprendizaje, configurando al profesor como un guía que los oriente en el significado de la experiencia. Así, el aprendizaje significativo, logrado desde los contenidos académicos de la inteligencia emocional, puede abrir el espectro del entendido del estudiante de una situación de desempleo perpetuada por condiciones externas a él mismo, hacia la posibilidad de crear en medio de dicha situación desfavorable, en una oportunidad favorable de creación autónoma de empleo.

Lo que se pretende es que, desde la experiencia académica, la responsabilidad de su propio aprendizaje, y la capacidad de transformar la propia realidad, todo trabajado desde el momento de la escolarización en la universidad, el estudiante se hará cargo también de sus habilidades laborales y de su propia situación económica y social, sin encontrar a otros como culpables, ni esperando cambios en las condiciones. Es decir que los contenidos académicos de la inteligencia emocional son clave para lograr aprendizajes significativos en los estudiantes, causando así el desarrollo de competencias laborales deseadas, o posibilitándolos desde el sujeto mismo a transformar la realidad que comparten con la sociedad.

## 5. CONCLUSIONES

La investigación al ser fruto de la interacción del investigador con la población objeto de estudio, arroja como primer resultado que la formación académica y el paso por la universidad, tiene la capacidad de formar ciudadanos capaces de ser transformadores sociales. La formación integral, aporta significativamente en la superación de problemáticas sociales, como, por ejemplo, la delincuencia común contra el Sistema Integrado de Transporte Público en Bogotá.

La Teoría del Aprendizaje Significativo de [10], tiene la capacidad de ser incluyente con las diferentes realidades de los estudiantes de la CUN que, por sus características sociales, viven realidades discriminatorias en la sociedad colombiana, resaltando la formación integral y los contenidos académicos de la inteligencia emocional, como cimientos para la superación de la discriminación.

Los contenidos académicos de inteligencia emocional tienen influencia directa en el desarrollo de competencias laborales, en ausencia de dichos contenidos, solo se estará de frente a un aprendizaje mecánico y teórico, que difícilmente el estudiante podrá poner efectivamente en práctica en un empleo, produciéndole desventajas de cara a otros competidores laborales.

En el pensum de la CUN, tal y como se presentó hasta ahora, solo las asignaturas mencionadas a continuación, tienen vocación hacia un contenido académico de la inteligencia emocional, sin embargo, es insuficiente: Comprensión y producción de textos, Proyectos de vida y Creatividad y pensamiento innovador.

Queda como desafío realizar entrevistas más a fondo ya que la observación como herramienta de recolección de datos, no fue suficiente. Por otro lado, es necesario tomar una muestra más grande, dada la gran cantidad de estudiantes inscritos en la CUN. Sin embargo, dan una luz de frente a los cambios que se le deben hacer al currículo del programa.

En el momento que la cognición sea hace fundamental para la concepción del currículo, la retención de información se supera, permitiendo el desarrollo de otras competencias, por tanto, la estructura de los conocimientos que conforman el currículo debe estar centrado en la idea ¿Cómo aprende el estudiante? Superando así la idea de ¿Qué debe aprender el estudiante? para lograrlo la universidad no puede perder nunca de vista, las características sociales de los estudiantes de la CUN.

Lo anterior permitirá la formación integral de los estudiantes del pregrado en Negocios Internacionales de la CUN, considerando que las disciplinas académicas contemplan la preparación científica, ideológica y espiritual, permitiendo así que el estudiante encadene la enseñanza con su significación ética, cultural y estética.

Según lo expuesto, el desarrollo de competencias laborales en los estudiantes de pregrado en Negocios Internacionales de la CUN, sí está influenciada por contenidos académicos de la inteligencia emocional, pues el desarrollo o no de estas competencias, solo se puede lograr desde la transformación del enfoque del currículo, a uno que responda a la pregunta ¿Cómo aprende el estudiante? Y que permita la formación integral y no solo técnica y científica del estudiantado.

## REFERENCIAS

- [1] Romero M. (2015). Significado del trabajo y sentido de la profesión en la academia. Disertación doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- [2] Ministerio de Educación Nacional. (2017). Informe de anuario estadístico de la educación superior Colombia. Recuperado: [https://snies.mineduacion.gov.co/1778/articles-391288\\_recurso\\_1.pdf](https://snies.mineduacion.gov.co/1778/articles-391288_recurso_1.pdf)
- [3] Puertas P. et al. (2021). La inteligencia emocional en el ámbito educativo: Un meta-análisis. *Anales de Psicología* 36, 84-91.
- [4] Rodríguez C. et al. (2017). Gestión del conocimiento para el desarrollo de competencias laborales y su impacto en el proceso productivo de las empresas. *Revista Ciencia Administrativa* 2017, 44-53.
- [5] Cognifit. (2021). Programas cognitivos personalizados. Informe de Práctica ejercicios de entrenamiento ajustados basados en tus necesidades cognitivas. Recuperado: <https://www.cognifit.com/es>
- [6] Fragoso R. (2015). Inteligencia emocional y competencias emocionales en educación superior: ¿Un mismo concepto? *Revista Iberoamericana de educación superior* 6, 110-125.
- [7] Bisquerra R. (2006). Orientación psicopedagógica y educación emocional. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra* 11, 9-25.
- [8] Semana. (2017). ¿Por qué los milenials no duran en sus trabajos? *Revista Semana*. Recuperado: <http://www.semana.com/educacion/articulo/como-mantener-a-un-buen-empleado/511819>
- [9] Univesia Colombia. (2013). El perfil profesional que buscan las empresas colombianas. Recuperado: <http://noticias.universia.net.co/en-portada/noticia/2013/04/05/1015117/perfil-profesional-buscan-empresas-colombianas.html>
- [10] Ausubel D. (1983). Teoría del Aprendizaje Significativo. Fascículos de CEIF 1, 1-10.
- [11] Díaz A. y Quiroz R. (2013). La formación integral: Una aproximación desde la investigación. *Revista de lenguaje y cultura* 18, 17-29.
- [12] Pimienta J. y Enríquez A. (2009). Educación basada en competencias. Guía para la aplicación del enfoque. Pearson.
- [13] Ausubel D. et al. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. Omega.
- [14] Chrobak R. (2017). El aprendizaje significativo para fomentar el pensamiento crítico. *Archivos de Ciencias de la Educación* 11, 1-13.
- [15] Navarro M. (2008). *Procesos Cognitivos y aprendizaje significativo*. Comunidad de Madrid. Conserjería de Educación.
- [16] Manríquez L. (2012). ¿Evaluación en competencias? *Estudios Pedagógicos* 38, 367-380.
- [17] Rangel P. et al. (2019). Competencias profesionales en el campo de la administración: Un análisis para Colombia. *Ad-minister* 35, 5-52.
- [18] Stewart T. (1999). *Capital intelectual*. Edições Sílabo.
- [19] Bradley K. (1997a). Intellectual capital and the new wealth of nations. *Business Strategy Review* 8, 33-44.
- [20] Edvinsson L. y Sullivan P. (1996). Developing a model for managing intellectual capital. *European management journal* 14, 356-364.
- [21] Hernández R. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.



# Evaluación de los resultados de aprendizaje: Una experiencia significativa

Claudia Marcela Durán Chinchilla<sup>1</sup>

Alveiro Alonso Rosado Gómez<sup>2</sup>

Martín Humberto Casadiegos Santana<sup>3</sup>

*Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia*

Este estudio tiene como propósito hacer una reflexión en torno a ¿qué es lo que realmente evalúa el resultado de aprendizaje: al estudiante o al profesor? A partir de entender que la evaluación es un ininteligible proceso en el cual se relacionan los estudiantes y los profesores, se parte entonces de la experiencia en cuanto a la implementación de los resultados de aprendizaje RA en la Universidad Francisco de Paula Santander de Ocaña, Colombia. En torno a ello, el estudio se fundamenta en cómo, tras los cambios curriculares y metodológicos que se han generado en la universidad, es indispensable replantear el sistema de evaluación partiendo especialmente del perfil de egreso, las competencias del programa, los RA del programa y las asignaturas. En consecuencia, se detallan los procedimientos y actividades demandadas, los métodos, los instrumentos usados y las actividades aplicadas para la evaluación. En ese sentido, la investigación es de tipo exploratoria, descriptiva transversal. Los resultados permiten evidenciar que, de una u otra manera, las actividades que el profesor usa tienen un efecto positivo o negativo en el desempeño del estudiante, pero también pone en tela de juicio al profesor.

---

<sup>1</sup> Licenciada en lingüística y Literatura, Especialista en práctica docente, Magíster en Pedagogía y Doctora en Educación. Contacto: [cmduranch@ufpso.edu.co](mailto:cmduranch@ufpso.edu.co)

<sup>2</sup> Especialista en Gestión de proyectos informáticos y Magíster en Gestión, Aplicación y Desarrollo de Software. Contacto: [aaosadog@ufpso.edu.co](mailto:aaosadog@ufpso.edu.co)

<sup>3</sup> Abogado, Especialista en Derechos Humanos y Magíster en Derecho Público. Contacto: [mhcasadiegoss@ufpso.edu.co](mailto:mhcasadiegoss@ufpso.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La configuración de la evaluación, en función al paradigma educativo en el que se sitúa el profesor y el estudiante ha ido cambiando paulatinamente y se ha instituido como un tema de amplio debate, sin embargo, en términos generales, se puede entender la evaluación como valoración, control, comparación, análisis, juicio o apreciación, en este caso del desempeño del estudiante o el profesor [1]. La evaluación es un término polisémico; puede interpretarse como calificación, medición, comparación, control, análisis, valoración, apreciación y juicio [2], sin embargo, es importante resaltar que lo trascendental de la evaluación es que debe llevar a una reflexión y que esta conduzca a la transformación de las prácticas educativas [3]; por un lado, el profesor reflexione en torno a sus prácticas profesoras y el estudiante los métodos de estudio, sus compromisos y su rendimiento académico.

Desde el punto de vista anterior, la evaluación es esencial para el desarrollo de los procesos de enseñanza –aprendizaje, toda vez que es a través de ella que se puede certificar aprendizajes y en consecuencia el éxito o fracaso académico. En la cotidianidad educativa, especialmente en la educación universitaria predomina el trabajo del profesor antes que el aprendizaje de los estudiantes, a razón de ello, la reflexión en torno a la evaluación ha llevado a que ésta se oriente a los aprendizajes, es decir, un constructo conceptual y teórico por medio del cual se extrae información importante para los estudiantes y que también desarrolle capacidades y competencias útiles en su vida profesional, en ese sentido, la evaluación se concibe como un procesos por medio del cual se valora el aprendizaje de los estudiantes con el fin de mejorar los procesos de enseñanza y que de esa manera el propósito de formación académica logre su objetivo [4].

La valoración de los aprendizajes debe responder a un sistema evaluativo fundamentado en el desarrollo de competencias [5], esto lleva a que sea importante la planificación de la evaluación y se evidencie el desempeño del estudiante como el del profesor; en tal sentido, es necesario repensar la evaluación, alineándola con las actividades, objetivos y perfiles de egreso [6]; en consecuencia, tal y como lo plantea la UNESCO, la gestión educativa es un procesos por medio del cual se integran y se relacionan elementos teóricos y prácticos de forma horizontal y vertical, en busca de atender las demandas sociales [7], por tanto, se debe armonizar dicha demanda social, desarrollando en el estudiante capacidades y competencias que le permitan integrarse y solucionar los problemas y necesidades de su territorio, o comunidad.

Lo anterior lleva a que, en la gestión educativa, se tenga presente modelos que desarrollen en el estudiante no solo competencias cognitivas, sino también afectivas, psicológicas, motoras y sensoriales que den lugar al desempeño satisfactorio del estudiante [8], en ese escenario, es necesario contemplar como elemento valioso en el desarrollo de dichas competencias, al profesor, el cual, deber adecuar distintas metodologías y métodos que lleven al desarrollo de las competencias de sus discentes; el cual, de la misma manera, deben fundarse en cuatro elementos tales como: promoción, formación, certificación y mejora de la labor docente y el rendimiento del estudiante [9].

Ahora bien, en el marco del reajuste del sistema de aseguramiento de la calidad de educación superior, en Colombia, se han generado lineamientos y políticas destinadas al mejoramiento continuo de la educación universitaria y en consecuencia promover una educación de calidad que privilegie el aprendizaje y los resultados exitosos de los estudiantes; en ese escenario, el decreto 1330 de 2019 establece que las instituciones de educación superior deben contemplar en sus currículos los resultados de aprendizaje RA, como un producto del proceso de autoevaluación de los programas académicos.

Es así, que, los métodos activos y la evaluación de los aprendizajes son abordados con gran interés, contemplando las RA como una forma de *medir* los conocimientos, destrezas y habilidades y actitudes [10], en ese sentido los RA son concebidos como enunciados acerca de lo que se desea que el estudiante alcance en su hacer, demostración o comprender en un determinado aprendizaje.

Desde el punto de vista de la Agencia de Evaluación de la Calidad y Acreditación de España ANECA, se indica que los RA son declaraciones verificables de lo que un discente debe saber, comprender y ser capaz de hacer u obtener al terminar un programa académico, sin confundir las competencias y los RA, dado que las primeras hacen parte de los segundos [11]; de acuerdo al Ministerio de Educación Nacional, los RA se

evalúan permanentemente en cada asignatura por medio de estrategias que el profesor programa con el fin de medir los conocimientos, actitudes y destrezas de los estudiantes [12].

Referente a la redacción de un resultado de aprendizaje, se debe tener en cuenta tres elementos esenciales: verbo, contenido y contexto; el primero referido a la acción o acciones que debe realizar el estudiante al final del proceso formativo; el segundo relacionado con el área de conocimiento dentro de la con que ha de ser demostrada y el tercero que indica dónde y bajo qué situación se realiza la acción que ha de desarrollar el estudiante [13].

Es decir, los RA son distintos a los objetivos de enseñanza de una asignatura, de tal manera, deben apuntar a lo que se desea que el estudiante conozca, comprenda y sea capaz de hacer al culminar una asignatura del programa académico de formación; es así, que los RA deben estar relacionados con la enseñanza y la forma de evaluación [14].

Desde las perspectivas anteriores, es importante, para la toma de decisiones y para la formulación de políticas institucionales, atender a los lineamientos del MEN, sin embargo, también se debe dar cuenta de cómo se implementan los procesos, sus pros y sus contras, en especial en la implantación de los RA, su alineación con el perfil de egreso, la selección de referentes, taxonomías, micro-currículos, plan de evaluación del programa y de la asignatura, evidencias, y plan de mejoramiento; en este último paso, revisar y reflexionar en cuanto a quién se evalúa: ¿al estudiante o al profesor?

## **2. MÉTODO**

La metodología estuvo enmarcada en la investigación exploratoria, descriptiva transversal, en cuya disposición primordial fue hacer una reflexión en torno a lo que los RA evalúan; en ese contexto, la investigación estuvo basada en el estudio de campo documental; en ese sentido, la comunidad universitaria, especialmente con el estamento administrativo docente de programas académico fue el escenario de recolección de información; charlas informales, entrevistas a directores de programas académicos, y profesional de apoyo encargado de la implantación de los RA. Para ese caos se acudió a nueve programas de pregrado y 5 de posgrado, todos ellos, en procesos de implementación de los RA.

La revisión documental se hizo der manera virtual y también se solicitaron algunos documentos a los programas académicos. Las charlas informales se hicieron con algunos profesores que han sido seleccionados para el plan de evaluación de asignaturas; respecto a las entrevistas, de manera voluntaria participaron dos de pregrado y uno de postgrado; al igual, se entrevistó a un profesional de apoyo de la subdirección académica. La entrevista estuvo conformada por cinco (5) preguntas abiertas, destinadas a conocer el procedimiento para la implantación de los RA. Los resultados fueron cotejados y analizados cualitativamente.

## **3. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

Recopilada la información a través de entrevistas y revisión documental; se establece que, para el caso de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña, se conformó un comité de RA, integrado por la subdirección académica, un representante de cada facultad (decanos), representante de los planes de estudio, representante del comité de evaluación, representantes del área: curricular, pedagógico, evaluación y calidad y delegados de subdirección académica; la función de este comité es evaluar la integración de los resultados de aprendizaje realizados por cada programa académico.

Organizado este comité se establecieron los lineamientos para la implementación de los mismos; dentro de los lineamientos se tiene la conformación de equipos de trabajo: acompañamiento, pertinencia, redacción y evaluación, cada uno de los equipos tienen una función, en ese caso el primero de ellos debe acompañar todo el proceso de implementación, seguimiento y evaluación; el segundo revisión de referentes, el tercero revisión de RA desde el punto de vista de su estructura y coherencia; el cuarto evaluación de la integración de los RA en los programas.

El equipo de profesionales de apoyo de la subdirección académica, diseñó una serie de formatos y plantillas que de una u otra manera facilitarían a los programas académicos la implementación de los RA; para el caso las mismas están relacionadas con: plantilla para actualización del perfil de egreso y profesional; referentes nacionales e internacionales; taxonomía; competencias, RA del programa y RA por asignatura; micro-currículo, plan de evaluación, evidencias y plan de mejoramiento.

Para la implementación de los RA, al interior de los comités curriculares los programas académicos procedieron de la siguiente manera:

1. Análisis del perfil de egreso declarado en el documento maestro del registro calificado; en este caso, para poder debatir respecto a la pertinencia del mismo, se indaga a partir de referentes nacionales, internacionales y locales las competencias que de acuerdo al perfil profesional del programa se plantean en los distintos referentes; de tal manera se tienen en cuenta las competencias del marco común europeo, ISSO, OIT, Tunnig, Instrumentation, Systems and Automation Society ISA, Certified Automation Professional Nacional; Clasificación única de ocupaciones en Colombia CUOC por Mintrabajo – profesión 21522; en fin, cada programa indaga de acuerdo al perfil y objetivos del programa. Este proceso es revisado por el equipo de pertinencia y acompañamiento y aprobado por el comité de resultados de aprendizaje.
2. Seleccionados los referentes y analizados, se actualiza, si es necesario, las competencias que cada programa considera que debe poseer un egresado; en ese caso plantea hasta 8 competencias para programa de pregrado y 4 en programa de postgrado. Revisión por parte del equipo de acompañamiento y pertinencia ya probado en comité de RA.
3. Seguidamente, se define la taxonomía que cada programa, a partir de las competencias seleccionadas y alineadas con el perfil de egreso, cree conveniente de acuerdo a los niveles de conocimiento: comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear (taxonomía de Bloom); recuperación, comprensión, análisis, aplicación, metacognición, autorregulación; en este caso cada programa selecciona que niveles va a desarrollar; para el caso de los programas de postgrado seleccionaron dos niveles, los más altos, entendiendo que los niveles medios y bajos fueron desarrollados en el pregrado. Revisión por parte del equipo de pertinencia y aprobado por el comité de RA.
4. Establecida la taxonomía y los niveles de conocimiento, cada programa de pregrado y postgrado, establece los resultados de aprendizaje por programa. Revisión por parte del equipo de redacción, este se encarga de revisar la redacción de competencias, RA del programa; y aprobado por el comité de RA. Para este caso, este equipo revisa que los RA cumplan con los elementos: verbo, contenido y contexto y que también usen verbos de acuerdo al nivel de conocimiento declarado.
5. Se procede a actualizar los micro-currículos, para ello los programas académicos, seleccionan hasta tres RA por cada asignatura, de acuerdo a los niveles de conocimiento y las competencias que se desean desarrollar en la asignatura; el profesor encargado de la misma, formula los RA específicos del área, partiendo de los RA del programa. Esta información se lleva a una plantilla para llevar claramente la trazabilidad del proceso. Para el desarrollo de este paso se hicieron mesas de trabajo por asignaturas, estas, fueron organizadas por los departamentos académicos. Revisión por el equipo de redacción y aprobado por comité de RA.
6. Se definen las estrategias de evaluación del programa y posteriormente se procede a establecer las estrategias de evaluación de cada asignatura; dichas estrategias deben estar alienadas a los niveles de conocimiento que es seleccionaron anteriormente. Revisión por el equipo de evaluación y aprobada por comité de RA.
7. Se genera un plan de evaluación, en este paso, los programas académicos seleccionan las asignaturas que se van a tener en cuenta en el plan de evaluación, en ese sentido el plan de evaluación de la asignatura tendrá una duración de dos años, esto con el fin de poder, si es necesario aplicar un plan de mejoramiento. Se seleccionan cuatro asignaturas por programa; los criterios de selección están

ajustados a los niveles de conocimiento que se establecieron. Revisión por el equipo de evaluación y aprobada por comité de RA.

8. El plan de estudios, con la previa aprobación del comité curricular, notifica al profesor, que su asignatura va a hacer evaluada durante el semestre, para ello el profesor debe: presentar el planeador académico de la asignatura, en él se establecen claramente: datos de la asignatura, contenidos, tema y subtema, fecha en la que se dicta cada tema, trabajo dependiente e independiente, estrategias de investigación, plan de evaluación (alineadas con las entregas por el plan de estudios), este contempla número de actividad, actividad, RA a evaluar, evidencia, fecha de aplicación y porcentaje de valoración, recursos a usar. Este planeador debe ser enviado al plan de estudios, previa revisión y firma de los estudiantes del curso.
9. El programa académico, asigna pares evaluadores, para que estos realicen una auditoria al profesor y por su puesto a la asignatura, en este caso se revisa que el micro-currículo este alineado con el planeador; de igual manera, diligencie un formato en él se contempla: evidencias, nivel de cumplimiento de los RA y si de acuerdo a las calificaciones de los estudiantes el profesor desarrollo los RA específicos de área y programa, y en consecuencia, alcanzó la competencia declarada en el micro-currículo. En este caso se revisan la evidencia de la evaluación y la correspondencia con los RA. Revisión por el equipo de evaluación y aprobada por comité de RA.
10. El evaluador, emite una valoración de 1,0 – 5,0, si el promedio es 1.0 – 3,5 el profesor debe someterse a un plan de mejoramiento para el siguiente semestre, dicho plan de mejoramiento lo establece el profesor junto con el comité curricular del programa. En este caso se hacen las observaciones correspondientes y mejoras a las actividades o al plan de evaluación, evidencias planteadas o proyectadas. Al final del semestre será evaluado de nuevo hasta cerrar la evaluación de esa asignatura. Revisión por el equipo de evaluación y equipo de acompañamiento y aprobada por comité de RA.

El proceso de implementación de resultados de aprendizaje, ha ido robusteciéndose en cada semestre académico; cada uno de ellos se integra una asignatura más en el plan de evaluación; la idea es que en dos años el 50% de las asignaturas sean evaluadas.

Los resultados de aprendizaje deben suministrar un modelo que permita la medición del desempeño de los estudiantes [15], en tanto, los mismos, deben permitir coherencia en los currículos encaminados al desarrollo de competencias para el desempeño satisfactorio del egresado, a partir de las exigencias de la sociedad y del mundo globalizante; además, debe dar razón al sistema de evaluación, el cual permite constatar si el estudiante cumple con los propósitos en su formación profesional. El profesor, entonces, supera su labor de evaluador, pues haya en ella, una oportunidad para autoevaluarse, en el caso del estudiante le permite replantear sus métodos de aprendizaje.

Respecto a las competencias, estas se pueden definir como la capacidad que se tiene para desempeñarse cognoscitiva, comunicativa, actitudinal, técnica y afectivamente en su vida profesional, atendiendo los problemas y necesidades de su entorno [16], estas entonces, deben ser el soporte para la formulación de los RA del programa y también de los RA de las asignaturas. En ese sentido, la evaluación de los RA, favorecen de una u otra manera a la institución toda vez que da lugar al ajuste de sus currículos, estrategias pedagógicas y perfil de egreso; al sector empresarial para que esos puedan seleccionar de manera más pertinente a sus empleados, a la sociedad a través de la garantía de la calidad de los graduados y el impacto de estos en los contextos, a los estudiantes para que estos puedan conocer que les ofrece y que pueden esperar del programa seleccionado y al profesor para tener claridad curricular respecto hacia donde debe direccionar su quehacer pedagógico.

En tal sentido, la evaluación se torna en un factor importante toda vez que da lugar a mejorar todo el sistema educativo, partiendo de los currículos, metodologías, estrategias pedagógicas, enseñanza y aprendizaje, todo encaminado a la calidad de la educación, en este caso de la educación universitaria y profesional, por supuesto, sin olvidar lo trascendental que es el mejoramiento académico tendiente a la contribución social.

El decreto 1330 de 2019, respecto a las condiciones de calidad habla sobre aspectos curriculares y la implementación de los RA; de la misma manera, se menciona en la resolución 021795 de 2020 que la evaluación de los resultados de aprendizaje debe ser evidenciados; en tal caso, es pertinente mencionar que la evaluación de aprendizajes es una actividad que tiene como propósito valorar los resultados de aprendizaje de los estudiantes, con el fin de mejorar la enseñanza y en consecuencia obtener resultados satisfactorios al finalizar un periodo académico, esto lleva a su vez a valorar al profesor y sus estrategias pedagógicas y evaluativas [17], de esta manera, la evaluación y el plan de evaluación debe definirse apropiadamente, definiendo taxonomías y niveles de conocimiento acordes al perfil de egreso declarado en el registro calificado, de igual manera, la evaluación debe constituir efectivos retos de aprendizaje, debe a su vez, contribuir a la búsqueda de conocimientos y al mejoramiento de estrategias y métodos de estudio por parte del estudiante [18].

En lo que respecta al profesor, debe convertirse en un proceso dialéctico en el cual se recurre a distintas técnicas y métodos de evaluación de los resultados de aprendizajes, encontrado de la misma manera pertinencia con la disciplina de estudio y el perfil de egreso que el programa declara.

Desde la mirada anterior, se puede indicar que lo ideal es que tanto profesor como estudiante, creen una sinergia en el proceso de enseñanza- aprendizaje; que el primero de ellos establezca un plan evaluativo acorde con las competencias y los RA de la asignatura y del programa y que los segundos reflexionen en cuanto a los métodos de estudio, disciplina, compromiso y responsabilidad en su formación. Por otro lado, el plan de evaluación de los RA debe responder una estrategia que permita obtener información referente al desempeño de los estudiantes; establecer si coexisten vacíos entre el propósito trazado respecto al perfil de egreso y el desarrollo de los RA por parte de los discentes en cada nivel de formación, tendiente esto, a plantearse un plan de mejoramiento que responda a las dificultades y fortalezas de los estudiantes y de los profesores (curriculares, formación docente) [19].

En el caso de estudio, aunque se ha realizado un proceso minucioso en cuanto a la implantación de los RA y por su puesto a la evaluación de los mismos, se ha le ha otorgado mayor relevancia a la evaluación del profesor; es decir, los RA que se evalúan a través del plan evaluativo y las evidencias en X asignatura, resultan más una evidencia de desempeño docente que del estudiante, pues es al profesor a quien se le hace un plan de mejoramiento, dejando de lado al estudiante; no se analizan los resultados del estudiante, todo el resultado (satisfactorio o insatisfactorio) recae sobre el profesor; si bien es cierto que evaluar basado en competencia y RA, permite al profesor planear didácticamente su asignatura, organizar el qué va a enseñar, cómo lo hará y qué evaluar, todo con el fin de facilitar el aprendizaje de los estudiantes; en el estudio presente, se evidencia que el plan de mejora es para el profesor y solo supero su plan en el momento que la calificación sea de 3,5 en promedio general. de hecho, como se viene exponiendo, los RA deben dar lugar a declarar lo que se desea que el estudiante sea capaz de hacer al finalizar una asignatura y es a él a quien se le debe también, tener en cuenta en el resultado de la evaluación.

En consideración de lo anterior, un estudiante puede pasar una asignatura, pero no haber superado un RA, la pregunta sería: ¿cuál es el plan de mejora para un estudiante que no haya superado un RA? ¿Cómo procede la institución en este caso? ¿Cómo procede el plan de estudios? ¿Cuáles son las políticas institucionales al respecto?

#### **4. CONCLUSIONES**

La institución y los programas académicos, han trazado y planificado claramente la implementación de los RA y los mecanismos de evaluación tendientes a dar respuesta a las necesidades que el contexto y el mundo globalizante requieren. Desde el punto de vista conceptual, existe articulación entre los referentes nacionales, internacionales y locales, lo cual da lugar a una planificación académica y curricular que permita desarrollar profeso de formación propicios para que los egresados se desempeñen satisfactoriamente.

Se seleccionan taxonomías de acuerdo a las necesidades de cada programa, lo cual permite, generar competencias y RA que respondan a la resolución de problemas; de la misma manera se establecen criterios evaluativos inherentes al perfil de egreso; sin embargo, es valioso aclarar que no se tienen cuenta la

diversidad y características de los distintos grupos de estudiantes que conforman los programas académicos.

La evaluación de los RA, sin lugar a dudas, evalúa más al profesor que al estudiante; es al profesor a quien se le hace plan de mejora, es la asignatura y su plan de evaluación y evidencia la evaluada, es la trazabilidad entre micro currículo, planeador, evaluación y evidencias lo que en últimas se evalúa; al estudiante no se le hace un control, aunque pudo no haber superado un RA o una competencia, puede pasar la asignatura.

## REFERENCIAS

- [1] Chaviano O. et al. (2016) La evaluación del aprendizaje: nuevas tendencias y retos para el profesor. EDUMECENTRO 8(4), 191-205.
- [2] Villalobos X. (2011). Reflexión en torno a la gestión de aula y a la mejora en los procesos de enseñanza y aprendizajes. Revista iberoamericana de educación 55, 3.
- [3] Santos M. (2001). Sentido y finalidad de la evaluación. Revista Perspectiva Educativa 37, 9-33.
- [4] González M. (2016) La evaluación del aprendizaje: tendencias y reflexión crítica. Recuperado: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412001000100010&lng=es&nrm=iso&tIng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412001000100010&lng=es&nrm=iso&tIng=es)
- [5] Tobón S. (2015). Formación integral y competencias: Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. ECOE.
- [6] Hill P. y Barber M. (2014). Preparing for a renaissance in assessment. Pearsons.
- [7] IIEP y UNESCO. (2000). Módulos de gestión educativa estratégica. Recuperado: [http://www.iipebuenosaires.org.ar/publicaciones\\_resultados?tid=All&fieldedicion\\_ano\\_value=2000](http://www.iipebuenosaires.org.ar/publicaciones_resultados?tid=All&fieldedicion_ano_value=2000)
- [8] Delors J. (1997). La educación encierra un tesoro. UNESCO.
- [9] Rial A. (2007). Diseño curricular por competencias: el reto de la evaluación. En Jornades d'avaluació dels aprenentatges a partir de competències. Girona, Italia.
- [10] Londoño C. et al. (2020). Propuesta de Implementación de Resultados de Aprendizaje en la Institución Universitaria Digital de Antioquia. Recuperado: <http://revistas.iudigital.edu.co/index.php/ids/article/view/5>
- [11] ANECA. (2019). Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de resultados del aprendizaje. Agencia nacional de evaluación de la calidad y la acreditación, España.
- [12] Ministerio de Educación Nacional. (2020). Cómo formular e implementar los resultados de aprendizaje. Recuperado: [https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-408425\\_recurso\\_5.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-408425_recurso_5.pdf)
- [13] Jerez O. (2012). Los resultados de aprendizaje en la Educación Superior por Competencias. Disertación Doctoral. Universidad de Granada.
- [14] Abuaiadah D. et al. (2018). Assessing learning outcomes of course descriptors. Containing object oriented programming concepts. New Zealand Journal of Educational Studies.
- [15] Adam S. (2044). Consideration of the nature, role, application and implications for European education of employing 'learning outcomes' at the local, national and international levels. En Bologna Seminar on Using Learning Outcomes. Edinburgh, UK.
- [16] Cejas C. y Álvarez P. (2006). Evaluación de los resultados del aprendizaje. Revista Argentina de Radiología 70(2), 149-155.
- [17] González M. (1999). La evaluación del aprendizaje en la enseñanza universitaria. Universidad de La Habana.
- [18] Molinar G. (2004). Evaluación criterial y normativa. Recuperado: <http://www.chasque.net/gamolnar/evaluación%20educativa/evaluación.03.html>
- [19] Cifuentes W. et al. (2022). Mecanismos e instrumentos de evaluación de los resultados de aprendizaje en el desarrollo curricular de los programas de ingeniería de la Universidad La Gran Colombia Armenia. EIEI ACOFI.



# Integración de la educación ambiental y la agricultura familiar a través de la adopción de prácticas agroecológica

Natalia Escobar<sup>1</sup>

Elizabeth A. Escobar<sup>2</sup>

María C. Velásquez<sup>3</sup>

Gonzalo Escobar<sup>4</sup>

*Universidad de Cundinamarca, Colombia*

La educación ambiental tiene un importante papel en Colombia debido al impacto de la degradación progresiva de la naturaleza en el país, especialmente la asociada con actividades agrarias. Este componente de formación fomenta la cultura de protección a la vida promoviendo prácticas sostenibles (agroecológicas) que contribuyen a conservar y proteger el medio ambiente, en especial los recursos de suelos y agua. Los procesos de transición de sistemas convencionales a agroecológicos en la agricultura son complejos, y requieren esfuerzos para emprender actividades que faciliten el tránsito a sistemas de producción más sostenibles y, como punto de partida, es necesario conocer el estado agroambiental de los sistemas productivos familiares. Con el propósito de caracterizar a los pequeños productores desde la perspectiva ambiental, se seleccionó una muestra de 60 fincas ubicadas en la provincia del Sumapaz. Se realizó acopio de información mediante la aplicación de una encuesta estructurada y visitas a los predios para verificarla. Los resultados muestran un grupo de productores con fincas pequeñas o medianas que se dedican a la producción agrícola, pecuaria y actividades no agrícolas; donde se realiza, en similar proporción, el aprovechamiento de residuos orgánicos presentando un nivel medio de adopción de prácticas agroecológicas. Sin embargo, muchos de ellos utilizan productos de síntesis química para el control de plagas de manera convencional; presentan bajo nivel de integración y dependencia de factores climáticos (lluvia), agentes externos (intermediarios) e insumos externos (fertilizantes, plaguicidas). Las estrategias participativas han involucrado aspectos de la educación ambiental, especialmente mediante capacitaciones sobre elaboración de abonos orgánicos y el cuidado del recurso hídrico.

---

<sup>1</sup> Bióloga, Magíster en Ciencias biológicas y Doctora en Agroecología. Contacto: [nataliaescobar@ucundinamarca.edu.co](mailto:nataliaescobar@ucundinamarca.edu.co)

<sup>2</sup> Licenciada en Filosofía e Historia, Especialista en Educación en Filosofía Colombiana, Especialista en Filosofía de la Educación y Magíster en Filosofía Latinoamericana. Contacto: [eescobarc@ucundinamarca.edu.co](mailto:eescobarc@ucundinamarca.edu.co)

<sup>3</sup> Contadora Pública, Especialista en Contabilidad Gerencial y Magíster en Administración de Organizaciones. Contacto: [mcvelasquez@ucundinamarca.edu.co](mailto:mcvelasquez@ucundinamarca.edu.co)

<sup>4</sup> Licenciado Ciencias de la Educación, Especialista en Educación Física, Especialista en Educación en Filosofía Colombiana, Especialista en Filosofía de la Educación, Magíster en Filosofía, Magíster en Filosofía Latinoamericana y Doctor en Ciencias de la Educación. Contacto: [gescobar@ucundinamarca.edu.co](mailto:gescobar@ucundinamarca.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La educación ambiental en Colombia se ha difundido considerablemente en los últimos años. En 1996 se creó el Programa que estableció los primeros lineamientos de docencia e investigación en el área. Desde entonces, en la medida de nuevos avances científicos, se vienen integrando a los currículos escolares temas actualizados, que amplían, además, procesos de sensibilización en instituciones de educación superior y en entidades público-privadas regionales. Como indica [1], se promueven diferentes actividades de capacitación e intercambio de experiencias en comunidades locales, encaminadas a la valoración de la sostenibilidad y el cuidado del ambiente. Propuestas extendidas a los sectores agrícola y empresarial.

En el país, la educación ambiental se centra en la protección de la biodiversidad y la conservación de los recursos naturales. Está relacionada con la agricultura, actividad económica que, de una parte, impacta perjudicialmente el ambiente, deteriorándolo (deforestación, contaminación, etc.); pero de otra, fomenta prácticas agrícolas sostenibles (agroecológicas) que mitigan efectos de los aún arraigados métodos convencionales. Esta práctica, hoy en ascenso mundial, conlleva el valor agregado de incidir también como garantía de la seguridad alimentaria [2]. Ejemplo de estos cambios, se presenta en interacción con actores de la producción agraria se intercambian conocimientos de técnicas de cultivo y cuidado de las especies vegetales escogidas, atendiendo saberes ancestrales junto con innovaciones tecnológicas, factores que en común propenden por la decisión de acogimiento de procesos orgánicos limpios, reduciendo la necesidad de químicos y manteniendo buenos niveles de calidad del suelo y el agua, vitales para la biodiversidad [3].

La producción agroecológica es una modalidad que ha alcanzado relevancia global y desde luego, incidente en lo local. Hoy, frente a crisis como el cambio climático, la saturación de contaminantes hídricos y aéreos, etc., productores y consumidores están comprometidos a favor de una cultura que protege la vida [4-5]. Mayor número de personas entienden y se benefician de la producción orgánica relacionada con los buenos efectos para la salud, condición visible, a pesar de no contarse con evidencia científica concluyente lo cual ha generado una mayor valoración que se refleja en el surgimiento y crecimiento de mercados principalmente en Estados Unidos y Europa, que tienen cerca de un tercio de las tierras con cultivo orgánico y comprenden más del 90% de las ventas de alimentos y bebidas orgánicas [6].

La educación ambiental y el desarrollo rural se integran en la promoción de prácticas sostenibles en la agricultura y en el uso de la tierra en las zonas rurales, lo que contribuye a preservar la biodiversidad y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales [1, 7]. Además, puede fomentar la comprensión del ambiente y su relación con la sociedad, claves para el desarrollo rural sostenible, en especial con la promoción de los recursos locales.

La caracterización ambiental de las fincas agrícolas constituye un aporte importante al conocimiento de este tipo de producciones, teniendo en cuenta los escasos estudios a nivel local y regional [4]. Se busca con este tipo de investigaciones sentar las bases para la construcción de propuestas coherentes e integrales desde la perspectiva del desarrollo sostenible y la educación ambiental, aportando los fundamentos para el mejoramiento de estas formas productivas, de cara al compromiso del sector con la generación de productos y servicios más inocuos en condiciones ambientalmente sostenibles, económicamente viables y socialmente coherentes con el mejoramiento de la calidad de vida tanto de las personas dedicadas a la labor agrícola como de los que consumen sus productos. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es caracterizar los aspectos ambientales y su integración con la educación ambiental en producciones familiares.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Área de estudio

La provincia del Sumapaz es una de las 15 divisiones territoriales de Cundinamarca, Colombia, que se ubica al suroccidente del departamento. Limita al norte con las provincias de Tequendama y Soacha, al sur con el departamento del Tolima, al oriente con Bogotá y al occidente con la provincia del Alto Magdalena. Cuenta con una población aproximada de 205.590 habitantes, de las cuales en la zona rural reside el 32,40%

y en la urbana el 66,14% [8-9]. Está conformada por 10 municipios: Fusagasugá (cabecera), Arbeláez, Cabrera, Granada, Pandi, Pasca, San Bernardo, Silvania, Tibacuy y Venecia. Con una extensión territorial total de 1.798,52 Km<sup>2</sup>, con 19,09 de área urbana y 1.779,43 de área rural. El de mayor extensión es Cabrera con 449 Km<sup>2</sup> y los de menor son Pandi y Granada con 67,83 y 62,25 Km<sup>2</sup>. Con alturas que van desde los 600 hasta los 2.560 m.s.n.m., lo que le otorga variedad de climas [9].

La Cámara de Comercio de Bogotá CCB indica que los cultivos más representativos son café, arveja, papa y frutales. Igualmente, se señala que las costumbres de los habitantes están marcadas por el desarrollo de una cultura que gira en torno a las actividades agropecuarias y el uso y disfrute de los recursos naturales [11]. En 2022 se realizó un estudio de tipo transversal [10] en algunos municipios de la provincia:

- Fusagasugá: extensión 190,44 km<sup>2</sup>; población proyectada a 2020 154.143 (Centro Poblado y rural disperso 21.510 - Cabecera 132.633); distancia de Bogotá 64 km; temperatura promedio 20°C; pisos térmicos cálido/templado/frío/páramo, m.s.n.m. 1.728.
- Arbeláez: extensión 147,77 km<sup>2</sup>; población proyectada a 2020 10.959 (Centro Poblado y rural disperso 6.207 - Cabecera 4.752); distancia de Bogotá 82 km; temperatura promedio 20°C; pisos térmicos cálido/frío/muy frío/paramo/templado, m.s.n.m. 1.417.
- Granada: extensión 62,25 km<sup>2</sup>; población proyectada a 2020 7.931 (Centro Poblado y rural disperso 5.791 - Cabecera 2.140); distancia de Bogotá 18 km; temperatura promedio 19°C; pisos térmicos frío/templado, m.s.n.m. 1.800.
- Silvania: extensión 162,91 km<sup>2</sup>; población proyectada a 2020 23.489 (Centro Poblado y rural disperso 15.627 - Cabecera 7.862); distancia de Bogotá 65 km; temperatura promedio 20°C; pisos térmicos cálido/templado/frío, m.s.n.m. 1.470.
- Tibacuy: extensión 82,68 km<sup>2</sup>; población proyectada a 2020 4.639 (Centro Poblado y rural disperso 4.054 - Cabecera 585); distancia de Bogotá 87 km; temperatura promedio 22°C; pisos térmicos templado, m.s.n.m. 1.647.

## 2.2 Instrumentos de recolección

En los municipios indicados se seleccionaron al azar 60 fincas a partir de la base de datos que tiene el Grupo de Investigación Área Verde de la Universidad de Cundinamarca, herramienta que se ha venido consolidando a través del desarrollo de diferentes proyectos y estudios [3]. Esta información se actualizó y amplió mediante consulta a pequeños productores del mercado orgánico, que bajo el patrocinio del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA inició su organización en Fusagasugá hace 14 años como Asociación de Productores del Mercado Ecológico y Solidario del Sumapaz ASOPROMES.

Se aplicó una encuesta a 60 productores con preguntas estructuradas y opción de ampliar la información, realizándose posteriormente verificación de aspectos observables en cada finca. Los temas abordados en el instrumento incluyeron información general y de carácter ambiental. Los datos obtenidos fueron sistematizados mediante tablas de frecuencia, estadística descriptiva (promedios, coeficientes de variación y porcentajes). Con el objetivo de valorar cualitativamente los resultados se usó como guía aproximada la escala de equivalencia descrita en la Tabla 1 [2, 3].

**Tabla 1.** Equivalencias cualitativas para porcentajes encontrados en la adopción de prácticas agroecológicas

Valoración cualitativa general	Valoración cualitativa específica	Rangos de porcentaje
Alto	Alto alto	89-99
	Alto medio	78-88
	Alto bajo	67-77
Medio	Medio alto	56-66
	Medio medio	45-55
	Medio bajo	34-44
Bajo	Bajo alto	23-33
	Bajo medio	12-22
	Bajo bajo	1-11

## 2.3 Método participativo con enfoque en educación ambiental

El método utilizado en el estudio corresponde a una Investigación Acción Participativa IAP, ajustada y adaptada a las unidades del taller: Apoyando Innovaciones Locales AIL, realizado en las fincas de los productores [12, 13], logrando la caracterización del agricultor, el entorno, los componentes y las interrelaciones. A través de la IAP se recopilaban y sistematizaban experiencias agrícolas con un grupo de 60 productores. El taller AIL modificado, consistió en tres etapas que contenían ejercicios participativos con enfoque en educación ambiental [14, 15]:

1. Conformación del grupo de trabajo, ciclos de capacitación.
2. Socialización sobre estrategias participativas.
3. Plan de trabajo participativo para fomentar la educación ambiental a través de la aplicación de prácticas agroecológicas.

La diversidad de métodos didácticos favorece el proceso de aprendizaje activo y holístico a través de actividades de grupo, ejercicios de observación, entrevistas, visualización y discusiones en plenaria, trazando un camino que va desde la identificación y validación, a la elaboración de planes de apoyo para fomentar la aplicación de prácticas agroecológicas [2, 16].

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Generalidades

La mayoría de productores (41) realiza actividades agrícolas y pecuarias (Figura 1), integran la producción de cultivos (mora, café, tomate de árbol, aguacate, principalmente) y el componente animal (aves de corral, porcicultura y ganado lechero).

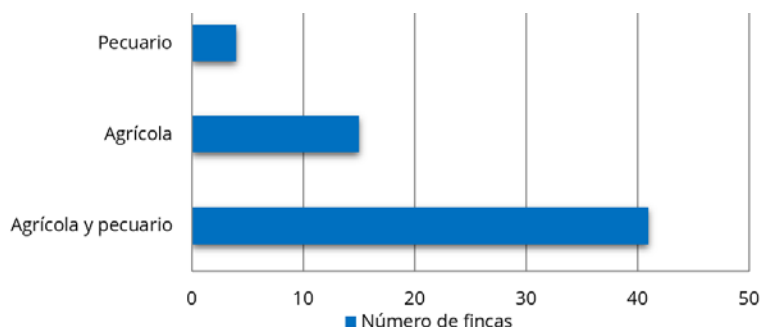


Figura 1. Porcentaje de actividades agropecuarias

Respecto a la distancia al casco urbano, la media es baja con algunas fincas ubicadas a media distancia, el área de extensión del grupo de fincas presenta alta variación encontrándose algunas pequeñas y medianas; el área de dedicación en orden descendente es producción agrícola, producción pecuaria y bosques, así mismo se observa que algunas fincas no cuentan con alguna de las tres áreas de actividad (Tabla 2).

Tabla 2. Distancia al casco urbano y distribución de áreas en fincas.

Variable	N	Media (m)	Coefficiente de variación	Valor mínimo (m)	Valor máximo (m)
Distancia al casco urbano (m)	60	9828	76,39	500	29000
Área total finca (m <sup>2</sup> )	60	25841	79,52	1000	96000
Área agrícola	60	15903	84,81	0	57600
Área pecuaria	60	5434	128,42	0	25600
Área forestal	60	5259	151,63	0	38400

Los productores se ubican predominantemente en zonas de bosque húmedo montano bajo Bh-MB y bosque húmedo pre-montano Bh-PM; las fincas presentan topografía de media a baja pendiente y la mitad cuenta con cinco o más instalaciones agropecuarias; un alto número tiene acceso a servicios de energía, telefonía, televisión y una proporción baja a internet (Tabla 3).

**Tabla 3.** Zonas de vida, topografía, infraestructura y servicios públicos domiciliarios

Variable	Descripción	Porcentaje
Zona de vida	Bosque Húmedo Montano Bajo bh-MB	52
	Bosque Húmedo Pre-montano bh-PM	35
	Bosque Húmedo Montano bh-M	13
Topografía	Dos o más topografías	37
	Alta	4
	Media	41
	Baja	18
Infraestructura	1 a 4 tipos de instalaciones	51
	5 o más instalaciones	49
Servicios públicos	Servicio de energía eléctrica	100
	Servicio de telefonía móvil	100
	Televisión	92
	Acueducto	66
	Internet	38

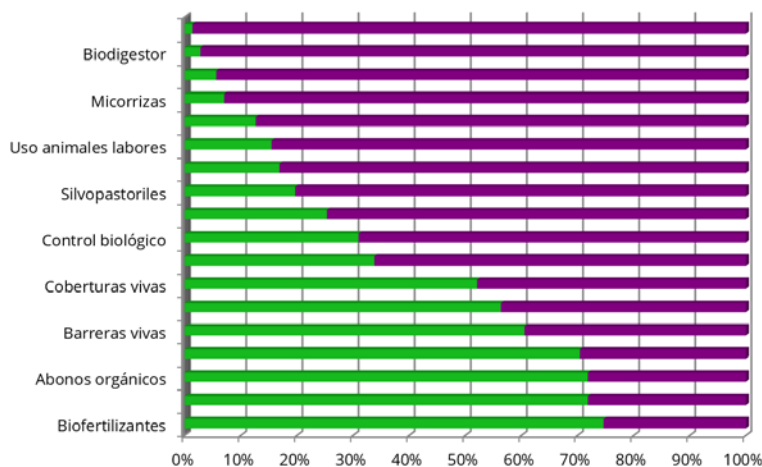
El servicio de acueducto se puede calificar de nivel medio, 66%. En Colombia, 3,2 millones de personas no tienen acceso a servicios de agua potable, lo que representa el 25% de la población, problemática que se profundiza en la ruralidad. Información reportada por MinVivienda indica que alrededor de 1,5 millones de habitantes realizan sus necesidades fisiológicas al aire libre y el agua residual es tratada solo en el 52% [17].

El incremento de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI, es una de las principales causas del cambio climático. El gobierno nacional ha adquirido compromisos frente a la agenda internacional que las naciones del mundo han suscrito en acuerdos y convenios para mitigar esta amenaza, articulando estrategias en las que se encuentra el riesgo de los residuos. La emisión de GEI en el país está relacionada casi en su totalidad con la *eliminación de desechos sólidos*, que contienen metano producido por la descomposición microbiana de materia orgánica ubicada en los sitios de disposición final [18].

### 3.2 Componente agroambiental

El componente agroambiental está relacionado con una medida de política o estrategia que busca armonizar la producción agropecuaria con el cuidado y protección del medio ambiente y la biodiversidad en el área rural. Como indica [19], esto implica considerar no solo la producción agrícola y ganadera, sino también los impactos ambientales asociados, tales como el uso del suelo, el consumo de agua, la generación de residuos y la emisión de gases de efecto invernadero. El componente agroambiental apunta a una gestión más sostenible y equilibrada del territorio rural, procurando que la producción y el cuidado ambiental se complementen mutuamente.

De acuerdo con la información obtenida, las prácticas agroecológicas que registran más de 60% de aplicación son (Figura 2): coberturas vivas, rotación de cultivos, barreras vivas, siembra asociada, abonos orgánicos, plantas repelentes y uso de biofertilizantes.



**Figura 2.** Prácticas agroecológicas registradas

Las prácticas agroecológicas se fundamentan en el enfoque de equilibrar la producción agropecuaria con el cuidado y protección del medio ambiente y la biodiversidad en el área rural, considerando particularmente los impactos ambientales asociados, como el uso del suelo, el consumo de agua, la generación de residuos y la emisión de gases de efecto invernadero [20, 21]. La agroecología busca promover prácticas sostenibles y equilibradas en el territorio rural, en que la producción y el cuidado ambiental se complementen mutuamente y se consideren los conocimientos locales y tradicionales.

Respecto al grado de adopción de prácticas agroecológicas (Figura 3), la mayoría de productores dependen de la lluvia para la producción agrícola, la mitad de ellos utiliza fuentes lólicas, un número medio bajo hace uso del acueducto y un nivel bajo aprovechan el distrito de riego. El agua de uso doméstico es tomada de forma mayor mediante servicio de acueducto; en contraste, un nivel bajo lo hace surtiéndose de fuentes loticas y agua de lluvia. Así mismo, un nivel medio alto de productores maneja sus residuos mediante quemas, y un nivel medio bajo entregan los residuos al carro recolector. Con relación al manejo de residuos orgánicos y residuos agrícolas, son prácticas más frecuentes, la disposición directa al suelo para compostaje y alimentación animal, que aplica una proporción media de productores.

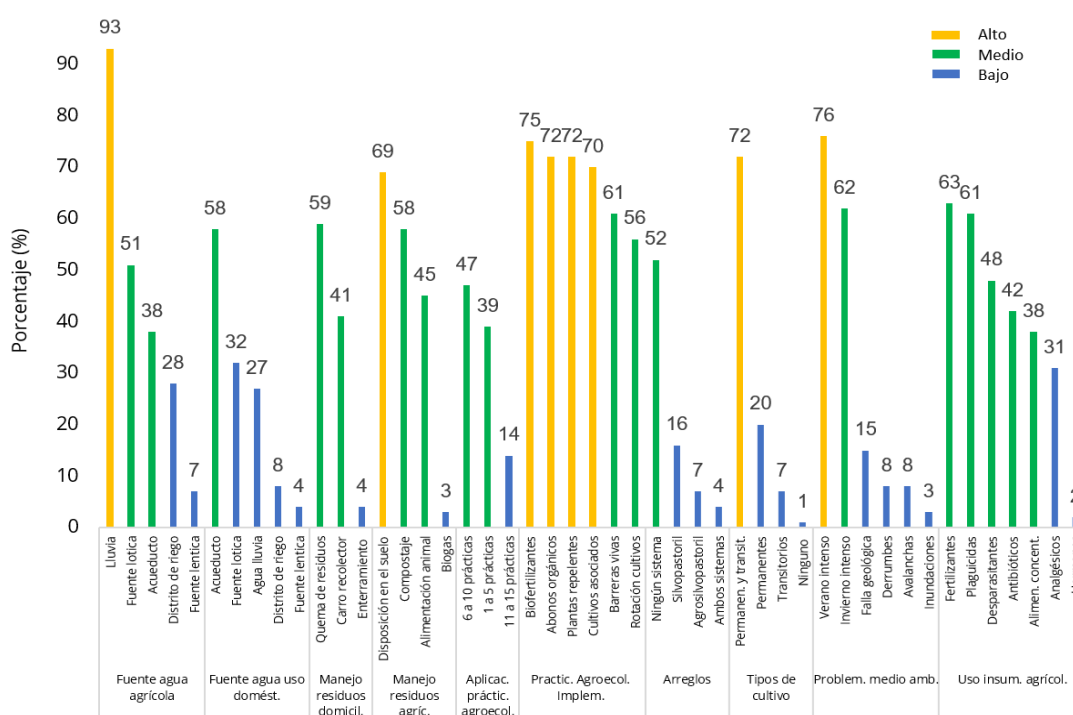


Figura 3. Distribución porcentual del nivel de adopción prácticas agroecológicas

También se observó en un primer nivel alto extensa aplicación de biofertilizantes, abonos orgánicos, plantas repelentes y cultivos asociados; un nivel medio, dispuso separación con barreras vivas, rotación de cultivos, coberturas vivas y sombra temporal; y en nivel bajo, realizan control biológico de enfermedades, uso de plantas nectaríferas, arreglos silvopastoriles, uso de plantas para control de enfermedades en animales y utilización de animales en labores agrícolas.

De acuerdo con el nivel de adopción de dichas prácticas, se infiere que el uso de las prácticas agroecológicas aún es parcial. Dentro del uso de abonos orgánicos sobresale el compost (69%), abonos líquidos (64%), restos de cosecha (63%), en grado medio el humus (46%) y bocashi (34%), y en nivel bajo el lombricompost (24%). Tanto los arreglos silvopastoriles como agrosilvopastoriles de manera independiente o combinada son escasamente incluidos.

Debido a que los productores se encuentran en diferentes estados de implementación de la producción orgánica, un nivel medio de ellos usa fertilizantes, plaguicidas, desparasitantes, antibióticos y alimentos concentrados; en bajo nivel aplican analgésicos y hormonas. Según su percepción, el verano e invierno intenso, fallas geológicas, derrumbes, avalanchas e inundaciones son consecuencia de la problemática ambiental.

- *Fuente de agua agrícola.* Según [22], la huella hídrica agrícola emplea el 81% de la demanda de agua a nivel global. En Colombia, la producción agrícola presenta una huella verde (dependiente de lluvias) del 70%, seguida de la huella azul (fuentes superficiales y subterráneas) con 7%. Esta información es coherente con lo observado en el estudio, lo cual resulta de la alta dependencia del patrón de lluvias para la producción, siendo una debilidad en estos sistemas.
- *Manejo de residuos domiciliarios y agrícolas.* En relación con la disposición final de residuos sólidos en Cundinamarca el promedio de toneladas diarias pasó de 1.885,08 en 2020 a 2.004,15 en 2021, siendo uno de los departamentos con mayor población y actividades económicas según informes y cifras 2022 reveladas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE [23]. Durante la vigencia 2021 los municipios que disponen sus residuos en sitios autorizados: rellenos sanitarios y celdas de contingencia, corresponden al 92,65% del país los cuales aumentaron 35 puntos básicos respecto a la vigencia 2020. Y la cantidad de toneladas se incrementó en menor medida con 0,23 puntos porcentuales. Lo anterior, sugiere un cumplimiento en las metas fijadas en el Plan de Desarrollo 2018-2022 en la cual se planteó que el 90% de municipios del país estarían disponiendo adecuadamente sus residuos [24]. Al contrastar esta información con lo hallado en el estudio se observa que la quema de residuos es una práctica común dentro de los productores, sin embargo, sobresale el aprovechamiento del material orgánico directamente al suelo o como compost y para alimentación animal, generando un reaprovechamiento de nutrientes al interior del sistema [8, 23].
- *Aplicación de prácticas agroecológicas.* [25] y [26] distinguen prácticas agroecológicas que implican aumento de la eficiencia o sustitución, prácticas basadas en la diversificación, prácticas mal integradas en la agricultura actual y otras como fertilización orgánica, fertilización dividida, labranza mínima, riego, control biológico de plagas y elección de cultivares, que están bien incorporadas. Tomando como referencia esta clasificación el estudio encontró que, de las prácticas basadas en la diversificación, los productores implementan barreras vivas en un nivel medio; en las del grupo de menor integración al sistema los biofertilizantes, los cultivos asociados, las plantas alelopáticas y la rotación de cultivos son aplicados en alto porcentaje; y en el grupo de prácticas de mayor integración se encuentra el uso de abonos orgánicos en un nivel alto. Adicionalmente, algunas fincas tienen otros métodos y arreglos agrosilvopastoriles y silvopastoriles lo que resulta ser de gran utilidad en el proceso de conversión hacia sistemas sostenibles.
- *Problemas asociados al medio ambiente.* [27] considera que los productores perciben que los problemas ambientales se asocian en orden de frecuencia a cambios de clima, erosión, cantidad y calidad del agua, deslizamientos, deforestación y pérdida de la biodiversidad. El estudio encontró coincidencias en esta percepción respecto al cambio climático (verano e invierno intenso), fallas geológicas, derrumbes y avalanchas e inundaciones. No se percibe que cambios como la deforestación o la pérdida de la biodiversidad se asocien a este fenómeno.
- *Insumos agrícolas de mayor uso.* La utilización de fertilizantes, plaguicidas, medicamentos, alimento concentrado en número medio de granjas, indica, por una parte, que estas dependen para la producción de insumos externos, y por otra, que la aparición de plagas y enfermedades en cultivos y animales aún es importante como consecuencia de un manejo preventivo deficiente que favorece la presencia de agentes patógenos en el medio y, a la vez, afecta negativamente las condiciones fisiológicas de los hospedadores [28].

### 3.3 Educación ambiental y agricultura

La educación ambiental y la agricultura guardan estrecha relación, la primera busca promover prácticas sostenibles y equilibradas en el campo para que la producción agropecuaria se armonice con el cuidado del medio ambiente y la biodiversidad (Tabla 4). La educación ambiental facilita entre los agricultores la adopción de experiencias agroecológicas minimizando los impactos ambientales negativos y fomentando la conservación de los recursos naturales. A su vez, la agricultura puede en retorno, convertirse en medio para fomentar la responsabilidad ambiental y enseñar a las personas la importancia del cuidado del entorno [29].

**Tabla 4.** Integración de prácticas agroecológicas y educación ambiental

Prácticas agroecológicas	Componente educación ambiental
Agricultura orgánica	Promover la sostenibilidad y conservación del suelo y agua.
Rotación y asociación de cultivos	Crear un ecosistema agrícola saludable y promover la biodiversidad.
Control biológico de plagas	Promover la salud del suelo y reducir la dependencia de pesticidas tóxicos.
Agricultura de conservación	Conservar la calidad del suelo y promover la biodiversidad mediante la reducción de la labranza y la retención de los residuos.
Producción de semillas locales y variedades nativas	Promover la biodiversidad y fomentar la adaptación de los cultivos a condiciones locales.

A continuación, se describe el resultado de los talleres AIL basados en la metodología de IAP.

### 3.3.1 Etapa 1. Conformación del grupo de trabajo

La actividad se inicia con la conformación del grupo de productores. En aplicación de los pasos propuestos en la IAP, se definieron criterios de perfil e interés:

- Ser pequeño productor
- Motivación sobre la educación ambiental y agroecología
- Compromiso de participación en capacitaciones

Cumplido el proceso de información, se realizó presentación de los agricultores quienes manifestaron expectativas y comentarios afines, asumiendo a la vez, roles de responsabilidad y trabajo en conjunto con sus comunidades. Lo propio se hizo por parte de los investigadores.

El enfoque participativo comunitario ofrece un modelo secuencial de fases para el desarrollo de los proyectos de investigación-acción [30], en el que es posible integrar técnicas tanto de las ciencias de la educación como de las agrarias. De esta manera se creó un ambiente favorable para el acercamiento entre los actores sociales, estableciéndose acuerdos en los que la experiencia, conocimiento y saberes tradicionales, fueron la fuente principal del inter-aprendizaje.

La participación, en aplicación de tiempos diferenciales de la metodología descrita, permitió a la comunidad apropiarse de herramientas para la toma autónoma de decisiones respecto a procesos orientados a la valoración de las prácticas agroecológicas [31], lo que implicó ir más allá del manejo técnico productivo de los agro-ecosistemas para situarse en perspectiva de construir formas de organización comunitaria y de protección de la naturaleza.

### 3.3.2 Etapa 2. Ciclo de capacitaciones

En esta etapa se adelantó un ciclo de capacitaciones relacionando temáticas agro-ecológicas a profundizar, mediante la implementación de estrategias educativas (Tabla 5).

**Tabla 5.** Participación en capacitaciones con el grupo de agricultores

Temas	Asistentes
Enfoque de sistemas como reconocimiento del territorio	51
Cartografía social	56
Prácticas de manejo agroecológico al suelo y agua	55
Manejo de la biodiversidad (control biológico)	51
Elaboración de biopreparados y abonos orgánicos	60
Elaboración diseño agroecológico, conservación del suelo y agua	60

El primer tema tratado, *enfoque de sistemas*, es el factor que, como insumo facilita proyectar de manera integral la finca, teniendo en cuenta, cantidad y calidad de entradas (insumos, energía, agua lluvia) y de salidas (desechos) de los componentes que dinamizan la producción, procesos y retroalimentaciones, lo que significa disponibilidad oportuna de información para lograr mayor eficiencia en las actividades de investigación y transferencia de tecnología [32]. Cada productor elaboró el mapa de su finca actual y el mapa



de la finca ideal a mediano y largo plazo (Figura 4). A través de la elaboración de los mapas los productores visualizan los cambios ocurridos en la finca e identifican necesidades que surgen como respuesta a estos cambios [33].



**Figura 4.** Presentación de los agricultores del mapa ideal

Posteriormente, trabajando sobre los principios metodológicos de la Investigación-acción-participativa y analizando aspectos de la planificación y transformación social esperada, se utilizó la *cartografía social*, que, como indica [34], es una estrategia que involucra la participación activa de los miembros de una comunidad, por lo que implica la construcción colectiva de información y conocimiento para dar razón de la subjetividad del espacio vital, que permite entender la sociedad civil en su territorio.

Al respecto [35] indica que a partir de representaciones de figuras como dibujos, fotos y mapas, la cartografía social facilita un acercamiento de la comunidad a su espacio geográfico, socioeconómico, histórico-cultural; basándose siempre en la representación humana (imagen colectiva) que tienen los miembros de una comunidad de su territorio, y lo que es más importante, permite devolver los resultados de la investigación a la misma comunidad, con el fin de comprender mejor su propia realidad social.

Sobre prácticas de *manejo agroecológico al suelo, agua y manejo de la biodiversidad* (control biológico), los productores realizaron y aprendieron a hacer una evaluación rápida del suelo, manejo del agua (riego) e identificación de algunos grupos funcionales de insectos en campo. Se ilustraron sobre propiedades físicas del suelo; también, asimilaron ventajas de canalizaciones y aprovechamiento del agua lluvia, como de tipo de riegos; igualmente, demostraron alto interés sobre control biológico en la conversión de uso de biopreparados para reemplazar la aplicación de agroquímicos [36, 37].

Sobre *elaboración de biopreparados y abonos orgánicos* la capacitación se adelantó colectivamente. Frente a preguntas relacionadas con este factor, se confirmó teóricamente la importancia y ventajas de su elaboración, llevando seguidamente a los productores a la práctica de transformación del suelo, explicando el aprovechamiento de los residuos agrícolas y las dosificaciones (Figura 5).



**Figura 5.** Capacitación en la elaboración de abonos orgánicos

Al respecto [38, 39] mencionan que un abono orgánico es un recurso capaz de proporcionar cantidades notables de nutrientes esenciales, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, al suelo o a las plantas, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los efectos de los abonos orgánicos sobre las propiedades físicas van dirigidos hacia dos objetivos concretos: el mejoramiento de la estabilidad estructural y la regulación del balance hídrico del suelo. Prácticas que conservan la salud y calidad del suelo.

### 3.3.3 Etapa 3. Plan de trabajo participativo para fomentar la educación ambiental mediante el desarrollo de prácticas agroecológicas

El grupo de productores validó diferentes propuestas de prácticas agroecológicas para generar un plan de adopción, según lo aprendido y compartido (Figura 6). De manera que se identificaron acciones concretas y adecuadas al contexto del sistema productivo. El diseño incluyó a los actores involucrados en la experiencia de la innovación, y el resultado de las acciones incidentes en favor del contexto económico, sociocultural, tecnológico y ambiental con base en un sistema de producción diversificado [40].



Figura 6. Socialización de propuestas sobre el desarrollo de prácticas agroecológicas

La validación realizada con los agricultores partió de un propósito común que se identificó en los 60 productores: *mejorar la calidad del suelo*. Ellos manifestaron que el plan de aplicar y adoptar la mayor cantidad de prácticas agroecológicas debería iniciar con las que propendieran por recuperar el suelo (Figura 7), el incremento de la biodiversidad edáfica y por ende de la diversificación de la producción. Motivo para aplicar una matriz de Debilidades, Fortalezas, Oportunidades y Amenazas DOFA (Tabla 6).



Figura 7. Socialización para implementar plan de trabajo agroecológico

Tabla 6. Resultados DOFA para aplicación de prácticas agroecológicas

<b>DEBILIDADES</b>	<b>FORTALEZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dependencia de insumos químicos</li> <li>▪ Estado deteriorado de vías</li> <li>▪ Comercialización de productos en empaques no llamativos</li> <li>▪ Baja frecuencia de capacitaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Actitud de compromiso hacia el cambio e integración de saberes</li> <li>▪ Trabajo colaborativo y solidario</li> <li>▪ Mano de obra</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversificación de productos</li> <li>▪ Participación mercados orgánicos locales.</li> <li>▪ Transformación de productos</li> <li>▪ Agroturismo y sostenibilidad ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pérdida fertilidad del suelo</li> <li>▪ Contaminación ambiental</li> <li>▪ Resistencia de plagas</li> <li>▪ Cambio climático</li> <li>▪ Vías para comercialización</li> </ul>

Posterior a la discusión de la DOFA, se realizó la propuesta del plan para aplicación de prácticas agroecológicas y educación ambiental (Tabla 7), especialmente teniendo en cuenta las amenazas indicadas por los productores.

Adicionalmente, se seleccionó un mapa elaborado por uno de los productores, en el que se ubicaron puntos que representan prácticas para iniciar su aplicación y adopción a largo plazo (Figura 8).

**Tabla 7.** Plan de trabajo para aplicación de prácticas agroecológicas y educación ambiental

criterio	Acción - Práctica	Estrategia educación ambiental
Recuperación suelo	Aplicación de labranza mínima.	Disminuir el uso de maquinaria pesada (tractor).
Recuperación suelo	Adecuación de un lugar para la elaboración de abonos orgánicos y dar aprovechamiento a residuos.	Aplicación de abonos orgánicos para disminuir uso de insumos químicos.
Recuperación suelo	Uso de coberturas naturales	Aplicación de residuos de podas o <i>mulch</i> , para protección de áreas de suelo desnudo y brindar mayor conservación de humedad.
Recuperación diversidad	Integración y asociación de cultivos y pequeñas producciones pecuarias.	Diversificar paulatinamente la producción, inicialmente con la implementación de cultivos de ciclo corto (gramíneas, leguminosas), hortalizas y la integración de pequeñas producciones pecuarias (aves ponedoras, conejos).
Manejo agua	Uso de sistemas de riego ahorradores. Canalización de zanjas en zonas con relieve.	Recolección de agua lluvia, adecuación de reservorios externos.



**Figura 8.** Mapa con puntos estratégicos para aplicar prácticas agroecológicas. Adecuación de un lugar para la elaboración de abonos (punto rojo), aplicación de abonos (puntos verdes), uso de coberturas (puntos azules), diversificación de cultivos (puntos amarillos)

En este sentido [41] indican que se trata de eliminar la agricultura de altos insumos y sustituirla por estrategias que imiten los procesos ecológicos naturales; [42] reportan que en el manejo agroecológico de suelos se deben tener en cuenta las medidas estructurales (muros de retención o barreras muertas, zanjas o acequias de ladera y terrazas) y medidas agronómicas que incluyen:

- Técnicas de labranza conservacionista que no invierten el perfil del suelo e intentan reducir la destrucción de la estructura y la biota al mínimo.
- Biofertilizantes en lugar de fertilización química.
- Empleo de diversas coberturas (*mulch*) a fin de evitar la erosión y otros procesos de degradación del suelo.
- Estrategias de diseño como asociaciones y rotaciones de cultivos para aumentar la diversidad y la heterogeneidad del paisaje.

En [43] mencionan que las estrategias anteriormente expuestas requieren de una capacitación, participación y acompañamiento continuo al agricultor, con el propósito de concientizar y mostrar los beneficios a mediano y largo plazo que redundaran en la relación costo-beneficio. Adicionalmente, para [44] en el manejo agroecológico de suelos también deben integrarse los saberes ancestrales y las prácticas culturales tradicionales, en consideración a los aspectos sociales, históricos, étnicos y religiosos ligados a la tierra y su cuidado. Para el caso de suelos muy alterados [4, 46] recomiendan el manejo de imitar la sucesión natural, este es un esquema de sucesión manejada que va introduciendo plantas, animales, prácticas e insumos agrícolas que promueven el desarrollo de interacciones y conexiones entre los componentes del agro-ecosistema.

#### 4. CONCLUSIONES

Los productores y propietarios de fincas vienen en ascenso implementando prácticas agroecológicas, sin embargo, dependen en gran medida de insumos externos para manejar aspectos sanitarios y de alimentación animal. La receptividad sobre educación ambiental fue alta presentándose una actitud de cambio y superación aprovechable para elevar capacidades fortaleciendo el trabajo de la comunidad.

Respecto al grado de adopción de prácticas agroecológicas la mayoría de productores (93%), dependen de la lluvia para la producción agrícola, presentaron alto grado de adopción (>70%) en prácticas como: manejo de residuos a través de la elaboración de biofertilizantes, aplicación de abonos orgánicos, cultivos asociados y uso de plantas repelentes.

La comprensión holística del sistema generó una aproximación al entendimiento de la complejidad funcional y del sinergismo en producciones agrícolas y como a partir de este conocimiento, es posible adelantar estrategias participativas enfocadas en educación ambiental a través de prácticas agroecológicas.

Se requiere implementar acciones y políticas públicas desde la perspectiva agroecológica, para incorporar aspectos asociados al ciclaje de nutrientes, biodiversidad, conservación de recursos naturales, que conlleven al fomento de sistemas de producción agrícola sostenible.

El taller de *la finca ideal* (hipotética) promovió formas de organización individual (administración financiera, uso racional de recursos, creatividad e innovación) que también se reflejó en la buena interrelación entre los participantes.

La experiencia propendió el re-valoramiento de la tierra, su potencial productivo y en particular, la concientización vital para mantener una equilibrada relación con la naturaleza.

Se ratificó que los métodos de Investigación Acción Participativa permitieron de manera objetiva el trabajo por procesos planteados desde la integración de conocimientos científicos y saberes particulares.

## REFERENCIAS

- [1] Adipat S. y Chotikapanich R. (2022). Sustainable development goal 4: An education goal to achieve equitable quality education. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies* 11(6), 174–183.
- [2] Ávila M. et al. (2021). Environmental education in Latin America: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* 308, 127-152.
- [3] Escobar N. et al. (2019). Typology of small producers in transition to agroecological production. *Agronomy Research* 17(2), 2242–2259.
- [4] Vega S. et al. (2023) Agroecological management of crop diseases: A review, *Agroecology and Sustainable Food Systems* 47(7), 919-949.
- [5] Fernández R. et al. (2021). Agroecological pest and disease control: The result of action research in agrarian reform settlement. *Agroecology & Sustainable Food Systems* 46(2),65–80.
- [6] Gliessman S. 2016. Transforming food systems with agroecology. *Agroecology & Sustainable Food Systems* 40(3), 87–89.
- [7] Alvear J. et al. (2022). Análisis de la implementación de la educación ambiental en las políticas públicas en Colombia. *Revista de Investigación Académica*, 59-71.
- [8] Taha A. et al. (2020). Municipal organic solid waste composting: development of a tele-monitoring and automation control system. *Agronomy Research* 18(2), 1911–1925.
- [9] Escobar E. et al. (2019). Provincia del Sumapaz. Editorial Universidad de Cundinamarca.
- [10] Escobar E. et al. (2020). Organic Fertilizers: An agroecological and commercial bet on smallholders in the Sumapaz region. *OnLine Journal of Biological Sciences* 20, 84–90.
- [11] Mann C. (2023). Observational research methods. *Research design II: Cohort, cross sectional and case-control studies. Emerg Med J.* 20, 54-60.
- [12] Lairon D. y Huber M. (2014) Food quality and possible positive health effects of organic products. *Organic Farming, Prototype for Sustainable Agricultures.*
- [13] Szeląg A. y Cupial M. (2022). Dynamics of organic farming development and its subsidizing. *Agricultural Engineering* 2(150),183-192.
- [14] Barth M. y Michelsen G. (2013). Learning for sustainable development: An empirical analysis of transformative learning, lifelong learning and the learning society. *Journal of Education for Sustainable Development* 7(1), 103-118.
- [15] Boström M. et al. (2018). Education for sustainable development and citizenship through outdoor education: Swedish students' and teachers' perspectives. *Environmental Education Research* 24(1), 1-13.
- [16] Wezel A. et al. (2014) Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable development* 34(1), 1-20.
- [17] Trujillo J. (2023). En Colombia, 3.2 millones de personas no tienen acceso al servicio de agua potable. *Diario La República.*
- [18] Banco Mundial & Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2021). Informe de ejecución parcial: Documento del Componente 1.
- [19] Escobar N. et al. (2022). Identification of functional groups of insects associated with family agricultural production systems in the province of Sumapaz, Colombia. *Bol.cient.mus.hist.nat* 26(1), 41-54.
- [20] Borgonovi F. et al. (2022). The environmental sustainability competence toolbox: From leaving a better planet for our children to leaving better children for our planet. *European Journal of Education* 57(1), 3-16.
- [21] Gliessman S. (2023). New leadership for the agroecology movement. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 47(7), 917–918.
- [22] Cadavid M. et al. (2023) Governance in Colombian food retail: A case study, *Agroecology and Sustainable Food Systems* 47(6), 890-915.
- [23] Departamento Nacional de Planeación. (2021). Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2021. Gobierno de Colombia.
- [24] Pretty J. et al. (2018) Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nat Sustain* 1, 441–446.
- [25] Gliessman S. y Ferguson B. (2021). *Agroecology and Sustainable Food Systems.* *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 45-50.
- [26] Yi X. (2019). Ecological education through Aesthetic Engagement. *The Journal of Environmental Education* 50(3), 183–191.
- [27] Bezner R. et al. (2019) Repairing rifts or reproducing inequalities? Agroecology, food sovereignty, and gender justice in Malawi. *J. Peasant Stud* 46(7), 1499–1518.
- [28] FAO. (2018). Catalysing dialogue and cooperation to scale up agroecology: Outcomes of the FAO regional seminars on agroecology. Recuperado: <http://www.fao.org/3/I8992EN/i8992en.pdf>
- [29] Layton D. (2018). The role of environmental education in achieving sustainable development. En Clayton P y Opotow S. (Eds.), *Handbook of Environmental and Sustainable Education* (pp. 3-14). Elsevier.

- [30] Sarmiento L. y Ortega E. (2014). Education for sustainable development in Latin America: The role of university research. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 15(1), 68-82.
- [31] Gliessman S. (2018). Defining agroecology. *Agroecol Sustain Food Syst* 42, 599-600.
- [32] Garibaldi L. y Pérez N. (2019). Positive outcomes between crop diversity and agricultural employment worldwide. *Ecol. Econ.*, 164-168.
- [33] Sinclair F. y Coe R. (2019). The options by context approach: a paradigm shift in agronomy. *Exp. Agric.* 55, 1-13.
- [34] Wezel A. et al. (2018). Agroecology in Europe: Research, education, collective action networks, and alternative food systems. *Sustainability* 10, 12-14.
- [35] Willis V. (2017). Nurturing our established roots: The Smith-Hughes act as a model for agricultural education career preparation. *The Agricultural Education Magazine* 89(4), 26-27.
- [36] Tiftonnell P. et al. (2016). Ecological intensification: local innovation to address global challenges. *Sustainable agriculture reviews*. Springer.
- [37] INKOTA. (2019). Strengthening agroecology. For a fundamental transformation of agri-food systems. Position paper directed at the German Federal Government.
- [38] Lachat C. et al. (2018). Dietary species richness as a measure of food biodiversity and nutritional quality of diets. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 115, 127-132.
- [39] Migliorini P. y Wezel A. (2018). Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. *Review Agron. Sustain. Dev.* 37, 63.
- [40] Iliava R. y Hernández A. (2018). Scaling-up sustainable development initiatives: A comparative case study of agri-food system innovations in Brazil, New York, and Senegal. *Sustainability* 10(11), 057.
- [41] Smith B. (2019). Food justice, intersectional agriculture, and the triple food movement. *Agriculture and Human Values* 36(4), 825-835.
- [42] Stapleton S. (2020). Toward critical environmental education: A standpoint analysis of race in the American environmental context. *Environmental Education Research* 26(2), 155-170.
- [43] Reilly C. et al. (2022). Agricultural and environmental education: a call for meaningful collaboration in a U.S. context. *Environmental Education Research* 28(9), 1410-1422.
- [44] Leach M. et al. (2020). Food politics and development. *World Dev.* 134, 105-124.
- [45] Kangmennaang J. et al. (2017). Impact of a participatory agroecological development project on household wealth and food security in Malawi. *Food Secur.* 9, 561-576.
- [46] Anderson C. et al. (2020). Agroecology now - connecting the dots to enable agroecology transformations. *Agroecol Sustain Food Syst.* 44(5), 561-565.

# Entre la Ingeniería y la Inteligencia Artificial: Aproximaciones positivas en un mundo cambiante

Omar Iván Trejos Buriticá<sup>1</sup>

Luis Eduardo Muñoz Guerrero<sup>2</sup>

Jorge Iván Ríos Patiño<sup>3</sup>

*Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia*

El mundo de hoy pareciera agitarse enormemente con la aparición de la Inteligencia Artificial, sus cambios y las transformaciones que exige en todas las áreas del conocimiento y de la vida práctica de la sociedad. Esto configura un escenario en el que los comités curriculares están llamados a repensar las estrategias, modelos, teorías y metodologías adoptadas en el plan de estudios de los programas de Ingeniería, para aprovechar o rechazar la incorporación de la IA como elemento dinamizador del conocimiento y de la relación profesor-estudiante, o para continuar con los mecanismos tradicionales de enseñanza-aprendizaje desconociendo las potencialidades que la IA puede aportar. Para esta investigación se consultaron 42 directivos de programas de ingeniería, algunos en su rol como directores y otros como miembros de los comités curriculares, en el sentido de conocer sus expectativas frente a este cambio en los caminos de acceso al conocimiento que ofrecen herramientas como ChatGPT y similares, que no solo generan texto, sino que pueden hacer coherente una cantidad de información, labor que hasta ahora estuvo asignada al ser humano. Se adoptó la entrevista como camino para el levantamiento de información y las respuestas se analizaron, bajo un enfoque mixto, con las técnicas de análisis semántico y de análisis intertextual, recurriendo incluso a cotejar lo que *opina* la IA ChatGPT al respecto del estudio realizado. Los resultados advierten una necesidad de abordar el tema de la incorporación de la IA en los currículos formales de los programas de Ingeniería y definir caminos para que se aprovechen plenamente las facilidades que esta nueva expresión tecnológica posibilita. Se concluye que es momento, con carácter urgente, para abordar las discusiones por áreas, por grupos de profesores, por comités y por consejos para llegar a planteamientos que propendan por el mejoramiento de los programas de Ingeniería, en su concepción general, con el apoyo de las herramientas que facilita la IA.

---

<sup>1</sup> Ingeniero de Sistemas, Especialista en Instrumentación Física, Magíster en Comunicación Educativa y Doctor en Ciencias de la Educación. Contacto: [omartrejos@utp.edu.co](mailto:omartrejos@utp.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero de Sistemas, Magíster en Ingeniería de Sistemas y Doctor en Ciencias de la Educación. Contacto: [lemunozg@utp.edu.co](mailto:lemunozg@utp.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Industrial, Magíster en Representación del Conocimiento y Doctor en Ingeniería. Contacto: [jjrios@utp.edu.co](mailto:jjrios@utp.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La actualización de los programas de ingeniería es posiblemente el reto más grande que tienen los comités curriculares actuales [1] toda vez que los avances en esta área del conocimiento son más rápidos y dejan muy poco tiempo para ajustarse a los nuevos aportes y las nuevas formas de acondicionar el plan de estudios, las temáticas y las metodologías para que vayan a ese ritmo [2]. La aparición de la Inteligencia Artificial invita a pensar en las transformaciones, cambios, ajustes y actualizaciones que deban hacerse al interior de los programas de ingeniería [3] para que no solo se dinamicen en su interior sino que dicha dinamización se formalice desde los canales que para tal fin tiene destinada al academia en su parte académico-administrativa.

No sería conveniente, en la actualidad, mirar los programas actuales de ingeniería desde su perspectiva curricular sin tener en cuenta las nuevas formas de interacción con el conocimiento, las nuevas tendencias tecnológicas, las nuevas formas de construcción de saberes [4, 5] y, sobre todo, la aparición comercial de la inteligencia artificial desde herramientas como ChatGPT. Los comités curriculares no solo deben pensar en los contenidos y los componentes del plan de estudio tanto en el micro, el meso y el macro-currículo, sino que deben mirar, por exigencias del medio y articulación tecnológica, las nuevas herramientas que posibilitan opciones, oportunidades, riesgos y retos para el desarrollo de la academia, el saber, la investigación y el conocimiento en las áreas específicas que debe atender una institución de educación superior [5].

El problema para investigar consiste en saber, de la voz de directivos vigentes y ex directivos académicos, cómo visualizan las oportunidades, riesgos y retos que implica la incorporación formal de la IA en los planes de estudios y en los elementos curriculares constitutivos de los programas de formación profesional universitaria. El propósito de este documento es presentar el resultado del análisis de las respuestas obtenidas por parte de directivos, ex directivos, miembros y ex miembros de los comités curriculares, en relación con el impacto e importancia de la IA en las discusiones de los programas de ingeniería.

La novedad de este capítulo consiste en que: 1) se plantea un tema que posiblemente todavía no se ha querido formalizar en los comités curriculares de las instituciones universitarias debido a ser tan innovador [6], 2) se promueve la consciencia acerca de la necesidad de incorporar elementos de juicio de la IA amén del poco tiempo de acople y conocimiento que provee para ajustarse a los cambios que inspira [7], 3) se refrenda la necesidad de actualizar los contenidos y el plan de estudios de los programas de ingeniería toda vez que son muchos los contenidos y sus actualizaciones que van a una velocidad más lenta que el mismo avance del conocimiento [8], y 4) se hace una invitación para que los comités curriculares y los directivos se muevan en el sentido en que lo exigen los nuevos escenarios de conocimiento a partir de la innovación tecnológica que tienen incidencia en su propia dinámica [9].

El estudio se justificó porque los tiempos que se tienen para reflexionar acerca de la inclusión de la IA en la educación superior son demasiado cortos y, mientras la academia se toma un tiempo excesivo para pensarlo, el mundo de la IA con expresiones tan fáciles de acceder como ChatGPT irrumpen en el mundo de los estudiantes distanciando aún más la ubicación de los profesores en relación con las herramientas que pueden tener los estudiantes [10]. Es el momento de pensar formalmente cuál va a ser el nuevo rol del profesor universitario pero desde la formalización que hagan los comités curriculares y no desde la iniciativa propia pues a los avances actuales como ChatGPT tienen acceso todos los estudiantes y se pueden convertir tanto en una poderosa herramienta de aprendizaje como en un camino cómodo para el fraude, sin que se enciendan alertas en los profesores por falta de conocimiento y preparación para capitalizarlos y verlos como lo que pueden convertirse: la oportunidad más poderosa para hacer que el conocimiento avance hacia estadios más promisorios tanto para la sociedad como para la humanidad en general [11].

Este estudio llega hasta el nivel de darle un tratamiento a los resultados obtenidos tanto en lo cuantitativo como en lo cualitativo [12] así como a analizar las diferentes posturas y aportes que, para los objetivos propuestos, plantean los directivos y miembros de los componentes curriculares. Todo el estudio está basado en entrevistas realizadas a directivos y miembros de comités curriculares de los programas de ingeniería de universidades ubicadas en el Eje Cafetero colombiano durante el II semestre de 2022 y el I semestre de 2023. El documento se ha organizado según los estándares IMRYD [13-15], de acuerdo con los



cuales se empieza con una introducción, se presenta la metodología, se exponen los resultados y luego de analizarlos y discutirlos se llega a una conclusión.

## 2. MÉTODO

La investigación sobre la cual se inspira este capítulo tiene un enfoque mixto que, desde lo cuantitativo y lo cualitativo, intenta aportar elementos de juicio para las discusiones que se presentan al interior de los comités curriculares de programas de ingeniería en relación con la formalización de procesos que permitan incorporar la IA en los currículos, contenidos y planes de estudio de los programas de Ingeniería y que, dependiendo del área respectiva, permitirán que se pueda estudiar bien desde la perspectiva del usuario para aprovechar al máximo sus beneficios y oportunidades o bien desde la perspectiva del desarrollador para mejorar, optimizar y poner a tono los algoritmos que permitan una generación de soluciones más efectiva en el contexto de las necesidades de la sociedad que pueden ser resueltas a través de los sistemas computacionales.

Los resultados se obtuvieron a partir de entrevistas realizadas a directivos y miembros de comités curriculares de programas de ingeniería que, desde su experiencia y sus respectivas funciones como autoridades académicas, plantean una visión alrededor del tema que concita este capítulo. Las entrevistas se realizaron tanto de forma presencial con visita pre-programada y cita previa como por canales electrónicos como llamada por celular, el servicio de WhatsApp y la plataforma Google Meeting. Para el desarrollo de las entrevistas se concertaron citas y encuentros y se dispuso del tiempo que fuere necesario según el discurso, la retórica y los planteamientos argumentativos de cada una de las autoridades entrevistadas. Se contactaron 70 personas entre directivos y miembros de comités curriculares y, de ellas, respondieron favorablemente 42 que fueron con quienes se realizaron las entrevistas.

En las entrevistas se permitió que cada uno expresara lo que consideraba importante a cada una de las preguntas y se ampliara hasta donde quisiera. Esto hizo que si bien hubo algunas entrevistas que tomaron un poco menos de media hora, otras se extendieron hasta completar las dos horas. Todas las entrevistas se grabaron en audio y también se tomaron notas de algunos tópicos que se consideraron importantes como aportes para el análisis posterior. Las respuestas y toda la información recopilada fueron tratadas bajo la perspectiva del análisis semántico y las similitudines intertextual de forma que se condensaron aquellas que tenían el mismo sentido y significado con el ánimo de facilitar la presentación y el análisis de los datos.

Este proceso de levantamiento de información se realizó entre el II semestre de 2022 y el I semestre de 2023, tiempo en el cual no solo salió a la luz pública el sistema ChatGPT (septiembre 2022), se lanzó al mercado y se puso a disposición de los usuarios (noviembre 2023) y se fueron presentando sus diferentes versiones cada vez con más alcances que la anterior. En lo cuantitativo se analizó la porcentualidad de algunas respuestas en relación con la temática planteada y en lo cualitativo se prestó particular atención a la información obtenida desde las técnicas de análisis ya explicadas.

Las entrevistas se plantearon alrededor de cinco preguntas específicas, pero se permitió que los entrevistados plantearan las reflexiones que consideraran importantes como ampliación de sus respuestas. Las preguntas con las cuales se dinamizó y se motivó el avance de las entrevistas fueron:

1. ¿Sabe usted en qué consiste la IA y el sistema ChatGPT?
2. ¿Considera que es un tópico que deba ser tratado en el comité curricular al cual pertenece?
3. ¿Deben formalizarse caminos para que la IA y servicios como ChatGPT se incorporen al quehacer académico dentro del programa que usted lidera?
4. ¿Concibe la IA en la academia como un reto, una amenaza o una oportunidad?
5. ¿Si el objetivo de la formación profesional es aprender y fortalecer la formación profesional en ingeniería, considera que es posible aprender con la IA y con expresiones como ChatGPT?

Como instrumentos de recolección se adoptaron grabaciones de audio, diseño previo de la entrevista, diario de campo y hojas de observaciones y apreciaciones por parte de los investigadores. Se procuró mantener el propósito de una investigación con enfoque mixto que se apoya en lo cuantitativo para describir el fenómeno

a investigar y acude a lo cualitativo para comprender dicho fenómeno, todo ello dentro de los aportes que provee la investigación, como área de conocimiento, en el contexto de las ciencias de la educación. Conceptualmente, las entrevistas estuvieron orientadas desde la perspectiva de la IA, el aprendizaje significativo, el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje por retos, el aprendizaje invisible, la formación por competencias y el conectivismo.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Lo primero que se expondrá, a través de la Tabla 1, es la distribución geográfica de los entrevistados, grupo que estuvo constituido por directivos actuales de programas de ingeniería, ex directivos de dichos programas, miembros activos y ex miembros de los comités curriculares. Con el ánimo de obtener una muestra lo más equitativa posible en la región conocida como Eje Cafetero se convocó a 30 profesionales académicos con el perfil indicado en cada una de las ciudades capitales de los departamentos relacionados. Algunos respondieron negativamente, lo cual es absolutamente respetable, otros aceptaron la participación en este estudio. Por el departamento de Risaralda aceptaron 15 ingenieros, por el departamento del Quindío aceptaron 12 ingenieros y por el departamento de Caldas aceptaron 15 ingenieros para un total de 42 como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Distribución geográfica de entrevistados

Región	Convocados	Entrevistados
Risaralda	30	15
Quindío	30	12
Caldas	30	15
Total	90	42

La base del diálogo con los ingenieros profesores (directivos, ex directivos, miembros y ex miembros de los comités curriculares) partió de cinco preguntas que provocaron la conversación (Tabla 2). Si bien este estudio se basa en un análisis cualitativo (que permite la comprensión de lo que se quiere investigar) de todas formas se ha acudido a una cuantificación para destacar algunos elementos que permiten describir parte de la información recogida.

**Tabla 2.** Cuantificación de respuestas

Pregunta	Respuesta	Risaralda	Quindío	Caldas	Total	%
1. ¿Sabe usted en qué consiste la IA y el sistema ChatGPT?	Sí	14	10	15	39	93%
	No	1	2	0	3	7%
2. ¿Considera que es un tópico que deba ser tratado en el comité curricular al cual pertenece?	Sí	15	12	15	42	100%
	No	0	0	0	0	0%
3. ¿Deben formalizarse caminos para que la IA y servicios como ChatGPT se incorpore al quehacer académico dentro del programa que usted lidera?	Sí	15	12	15	42	100%
	No	0	0	0	0	0%
4. ¿Concibe la IA en la academia como un reto, una amenaza o una oportunidad?	Reto	14	11	15	40	95%
	Amenaza	1	1	0	2	7%
	Oportunidad	15	10	15	40	95%
5. ¿Si el objetivo de la formación profesional es fortalecerse en ingeniería, considera que es posible aprender con la IA y con servicios como ChatGPT?	Sí	14	11	15	40	95%
	No	1	1	0	2	7%

Debido a la particularidad de los resultados obtenidos, se quiso cuantificar las respuestas pues evidencian una preocupación que comparten los entrevistados. Nótese que todas las respuestas, de forma abrumadoramente mayoritaria (93%, 100%, 95%) son positivas y favorables a que el tema de la IA sea tenido en las discusiones curriculares sin bien no necesariamente para incorporarla instantáneamente si para tenerla en cuenta, analizarla, someterla a discusión y mirarla desde diferentes ángulos.

No puede, empero, pensarse en que las autoridades académicas tendrán varios años para analizar este fenómeno emergente como es la incorporación de la IA en la educación pues si bien es cierto que se ha podido disponer de un tiempo prudencial para que la sociedad asuma los cambios que implican los avances tecnológicos, debido a la penetración, acceso y disponibilidad, ese tiempo cada vez es más reducido. Los

siglos que tuvo el ser humano para domar el fuego son muy lejanos a los minutos que puede tener para empezar a pensar en la IA como expresión tecnológica y, en la academia, como elemento de discusión para fomentar el aprendizaje y dinamizar el conocimiento.

Las respuestas, en su forma cuantitativa y debido a la particularidad de las respuestas, dejan entrever un conocimiento, así sea preliminar, de herramientas IA como ChatGPT según la proporcionalidad reflejada en las opiniones sobre la pregunta a. El simple hecho de que conozcan qué es, invita a las autoridades académica (y ex autoridades) a querer conocer, profundizar y analizar su incorporación en los procesos de enseñanza y aprendizaje. En cuanto a la pregunta b se puede observar que existe un consenso, en la muestra de entrevistados, en cuanto a que es un tema que debe ser tratado al interior del comité curricular. En este sentido, más que la forma de tratarlo es importante ponerlo sobre la mesa de las discusiones curriculares para que sea objeto de opiniones y análisis con lo cual se indica que no se debe (a lo mejor no se puede) ignorar pues en tiempos actuales los avances tecnológicos llegan a ser tan impactantes que desconocerlos es permitir, sin proponérselo, que dichos avances lo arrollen a uno y que sea uno, como autoridad académica, junto con el programa que lidera el que quede al margen de los beneficios que podrían traer estas nuevas formas tecnológicas.

En cuanto a la pregunta c se observa una respuesta igualmente unánime en cuanto a la formalización de los caminos para que la IA y servicios como ChatGPT se incorporen al quehacer académico pues, según lo opinión de los entrevistados, es inevitable que en algún momento se tenga en cuenta como temática central de discusiones curriculares y, además, se haga efectiva su incorporación en los espacios en donde se considere pertinente. Esto confirma lo que se refleja en la pregunta b, y es que pareciera imposible ignorar la IA en el mundo académico de la educación superior.

En cuanto a la pregunta d debe hacerse una declaración, cuando se preguntó acerca de si se consideraba la IA como un reto, una amenaza o una oportunidad, las opiniones no fueron excluyentes, es decir, algunos opinaron (por ejemplo) que lo consideraban tanto un reto como una oportunidad y en ambos sentidos plantearon sus argumentos.

Por esta razón, los valores porcentuales no se suman, sino que solo se relacionan con la muestra en términos de la proporción correspondiente. En las respuestas a la pregunta d también se advierte que, desde la perspectiva de las autoridades entrevistadas, la IA y herramientas como ChatGPT se ven mucho más como un reto y una oportunidad que como una amenaza. Ya se revisarán los argumentos, como corresponde, en el análisis de resultados de la tabla 3.

En la pregunta e, las respuestas develan una relevancia que se le confiere a la IA como camino para fortalecer los conocimientos en ingeniería si se aprovechan servicios como ChatGPT y se les indica a los estudiantes cómo sacarle el máximo provecho de manera que mejore sus propios procesos de aprendizaje en el contexto de su saber disciplinar. No ha de olvidarse que el análisis de las opiniones se ha realizado bajo la mirada cualitativa, pero se ha acudido a esta brevísima descripción cuantitativa debido a la homogeneidad de las respuestas que, de una u otra forma, llaman la atención a la mirada del investigador.

La tabla 3 refleja algunas de las opiniones recogidas en los 42 profesionales entrevistados. Si bien las entrevistas fueron extensas y amplias tanto en tiempo como en argumentos, se realizó una transcripción de ellas y se les aplicaron dos técnicas: análisis semántico por similitud de sentido y análisis intertextual por interpretación similar. De esta forma se pudieron condensar las opiniones recogidas en las frases que se exponen en la Tabla 3 tanto en el sentido como en el significado. Algunas respuestas fueron tan ampliar que hubo que aplicar las técnicas por 6 veces de forma recurrente sobre el mismo conjunto de textos.

Debe anotarse que la intención de las preguntas, como estrategia para la recolección de información, no era obtener una respuesta afirmativa o negativa sino abrir la ventana que permitiera escuchar opiniones, visiones y miradas al respecto del tema tratado. Por tal motivo, tanto los resultados de la Tabla 2 como los de la Tabla 3 han sido el compendio del tratamiento de las respuestas obtenidas desde la perspectiva del investigador. Como se puede observar en la Tabla 3 las respuestas condensadas a la pregunta 1, indican

que de una parte el tema se conoce bastante bien como lo refleja la respuesta *Lo sé bastante bien*. Según los comentarios adicionales de los entrevistados la avanzada publicitaria de la IA ha sido tal que es casi imposible que se desconozca este tema en el ámbito académico y, por ende, que se relacione con el papel que ejerce la academia en la sociedad y en el mundo actual.

**Tabla 3.** Análisis cualitativo de respuestas

Pregunta	Opiniones
1. ¿Sabe usted en qué consiste la IA y el sistema ChatGPT?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lo sé bastante bien</li> <li>▪ Estoy enterándome, pero me cautiva mucho el tema</li> <li>▪ Definitivamente hay que saber de eso</li> <li>▪ Sin lugar a duda, debe saberse</li> </ul>
2. ¿Considera que es un tópico que deba ser tratado en el comité curricular de su programa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ipso facto</li> <li>▪ Tiene que tratarse y con prontitud</li> <li>▪ Tiene que convertirse en un tema principal de discusiones</li> <li>▪ Es ineludible abordar este tema</li> <li>▪ Debería esperarse un poco más</li> </ul>
3. ¿Deben formalizarse caminos para que la IA y servicios como ChatGPT se incorporen al quehacer académico dentro de su programa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tiene que incorporarse desde este semestre</li> <li>▪ Si no existen los caminos, deben abrirse</li> <li>▪ Absolutamente si</li> <li>▪ El programa y el conocimiento se enriquecerá con la IA</li> </ul>
4. ¿Concibe la IA en la academia como un reto, una amenaza o una oportunidad?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es un reto toda vez que nos pone a llevarlo a la mesa de las discusiones curriculares</li> <li>▪ Es una amenaza porque de repente comienza a hacer cosas que ya nosotros hacemos</li> <li>▪ Es una oportunidad porque nos mostrará otras aristas que a lo mejor hemos descuidado</li> </ul>
5. ¿Considera que es posible aprender con la IA y con expresiones como ChatGPT?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si se aprenden a aprovechar las bondades que tiene la IA se puede aprender con ella</li> <li>▪ ChatGPT puede llegar a ser una herramienta que, bien usada, aporte al aprendizaje</li> <li>▪ Aprendizaje e IA son indisolubles en estos tiempos y en los que vienen</li> </ul>

Si bien algunos aceptan no conocer mucho del tema como en la respuesta condensada: *Estoy enterándome, pero me cautiva mucho el tema* también dejan entrever que el tema cautiva mucho tanto por las posibilidades especulativas que se le endilgan a la IA especialmente en la educación como por las posibilidades reales que se le confieren pues, al margen de las fantasías, es cierto que el acceso a herramientas y servicios bajo IA como ChatGPT invitan a repensar muchos roles de la sociedad y la academia, con sus roles asociados, no es la excepción. Otros aceptaron, en respuesta condensada, que es algo que debe saberse de forma ineludible. El mundo de hoy lo exige y así lo reflejan, con proporción mayoritaria, en respuestas como: *Definitivamente hay que saber de eso* o *Sin lugar a duda, debe saberse*.

En cuanto a la pregunta 2, los entrevistados coincidieron plenamente en las respuestas, salvo dos personas que prefirieron pensar en que *Debería esperarse un poco más* mientras que mayoritariamente los demás directivos respondieron con respuestas (condensadas) como *ipso facto*, *Tiene que convertirse en un tema principal de discusiones* y *Es ineludible abordar este tema*. La urgencia manifiesta, según la ampliación argumentativa de las respuestas, se basa en que cada vez los avances tecnológicos penetran con mayor velocidad a la sociedad y, particularmente, a la academia pues ya no son estos los tiempos en los que la humanidad dispone de siglos para domar el fuego. La IA, por ejemplo, ha irrumpido de forma abrupta desde la perspectiva de las facilidades, herramientas y servicios que hoy están al alcance de todos y, con ello, ha transformado ipso facto el mundo que se vive en la actualidad desde lo más humano hasta lo más profano y, por lo tanto, consideran los entrevistados, casi que, a una voz, que el tema debe ser abordado ya.

La pregunta 3 tuvo una sola voz de respuesta y fue un Sí representado en las cuatro respuestas que se obtuvieron después del análisis semántico por similitud de texto respectivo. Estas respuestas fueron *Tiene que incorporarse desde este semestre*, *Si no existen los caminos, deben abrirse*, *Absolutamente si* y *El programa y el conocimiento se enriquecerá con la IA*. Es claro que se le endilga a la IA, por lo menos, una alta influencia de transformación en la concepción de los currículos y, si el tema se estudia detenidamente, puede ser este el faro que indique la búsqueda de nuevos caminos para la actualización de las metodologías, los modelos y las teorías que aplican los profesores en los programas de formación universitaria, según sus propias palabras.

La pregunta 4 resultó ser la más polémica de todas las preguntas realizadas pues si bien mayoritariamente los entrevistados se orientaron más por ser un reto o una oportunidad que por ser una amenaza pues destacan que, por su aceptada influencia, la IA se convierte en el reto más grande que tiene la universidad pues es la invitación que hace la tecnología a repensar la academia desde la perspectiva de las facilidades, herramientas y servicios que ofrece.

De otra parte, es la oportunidad para desafiar los modelos, las teorías y las metodologías pues definitivamente algo tan influyente no puede ser tratado por los caminos tradicionales de enseñanza sino por métodos y formas innovadoras que capitalicen sus bondades y con los cuales se adquiera consciencia de los riesgos que pudiera tener. Los que opinan que puede ser una amenaza, en una proporción notoriamente menor, indican que la IA puede llegar a hacer cosas que los seres humanos ya hacemos y, en ese sentido, esta opinión abre la ventana para mirarla como el reto de hacer cosas nuevas incluso de la mano de la misma IA y la oportunidad de mejorar esas cosas que hemos hecho y que a lo mejor no hemos evaluado objetivamente o de esas cosas que hemos hecho en la academia repetidamente durante mucho tiempo sin que medie ningún factor de retroalimentación, sin el cual terminamos convencidos de que lo hemos hecho bien sin que necesariamente sea cierto.

Finalmente, para la pregunta 5 la respuesta fue diversa pero en el sentido de aceptar que si es posible aprender con la IA siempre y cuando se estudie con detenimiento, se analice, se establezca una capacitación para tal fin, se transformen las metodologías y los modelos de enseñanza y se actualicen los profesores. Solo en ese momento se podrá pensar en que la IA se convierta en la más fuerte herramienta que se ha tenido en la academia para potencializar, dinamizar y cuestionar el conocimiento. Destacan también la necesidad de fomentar, hoy más que nunca, las competencias blandas, pero esto es tema de otro trabajo. Respuestas como *Si se aprenden a aprovechar las bondades que tiene la IA se puede aprender con ella, ChatGPT puede llegar a ser una herramienta que, bien usada, aporte al aprendizaje y Aprendizaje e IA son indisolubles en estos tiempos y en los que vienen* evidencian lo que discursivamente argumentaron los entrevistados. La idea es que la academia aproveche al máximo la IA para mejorar su quehacer frente al conocimiento y, con ello, para que se fortalezca en sus objetivos misionales frente a una sociedad que, hoy más que nunca, requiere de avances en el saber para asimismo avanzar como seres humanos.

#### 4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el propósito de este documento era presentar el resultado de las respuestas obtenidas por parte de directivas, ex directivas, miembros y ex miembros de los comités curriculares, en relación con el impacto e importancia de la IA en las discusiones de los programas de ingeniería, se puede concluir:

1. Que los miembros de los comités curriculares deben saber muy bien, al punto de estudiar detenidamente, qué es la IA y qué impactos tienen servicios como ChatGPT en el currículo del programa que lideran.
2. La IA es un tópico que debe ser tratado de forma inmediata en los comités curriculares.
3. Se deben buscar caminos para incorporar servicios IA como ChatGPT y capacitar a los profesores para lograr los nuevos objetivos que se propongan.
4. Considerar a la IA como el reto más grande que tiene la academia en los tiempos actuales y, de esta forma, convertirla en la oportunidad para dinamizar no solo el conocimiento sino el mismo papel de la universidad en la sociedad.
5. Establecer mecanismos y canales para que la IA se convierta en un camino para fortalecer el aprendizaje.

## REFERENCIAS

- [1] Ben Haim J. (2000). Why the best engineers should study Humanities. *The international journal of mechanical engineering education* 28, 195-200.
- [2] Díaz M. (2015). Las TIC y las necesidades específicas de apoyo educativo. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia* 18(2), 355-383.
- [3] Alam A. (2020). Possibilities and apprehensions in the landscape of AI in education. *IEEE*, 1-8.
- [4] Buffa F. (2020). Concepciones acerca de la enseñanza en docentes de ingeniería. *Educación en Ingeniería* 15(30), 18-25.
- [5] Ausubel D. (2012). *The acquisition and retention of knowledge*. Springer.
- [6] Alves N. y Alves J. (2017). Adjusting higher education competences to companies professional needs, *International Journal of human capital and information technology professionals* 8(1), 66-77.
- [7] Smal G. (2016). *Digital Brain*. Urano.
- [8] Trejos O. (2023). Uuk!!! Así empezaron las matemáticas. *Aula Humanidades*.
- [9] Mancera M. (2017). Condiciones disciplinares y profesionales que demandan un ajuste curricular. *Entramado* 13(2), 200-211.
- [10] Strawser M. (2022). *Higher education implications for teaching and learning during Covid-19*. Lexington Books.
- [11] Chen F. et al. (2017). Formation of ICT competence of future university teachers. *Open Access Journal* 13(8), 4765-4777.
- [12] Chen X. et al. (2020). Application and theory gaps during the rise of AI in Education. *Cooperation and Education: Artificial Intelligence* 1, 1-19.
- [13] Hernández R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
- [14] Day R. (2005). *How to write and publish scientific Works*. The Oryx Press.
- [15] Barbara J. et al. (2012). How to write a scientific article. *International Journal of Sports Physical Therapy* 7(5), 512-517.

# Inteligencia Artificial y formación de ingenieros: Nuevas estrategias para los profesores

Omar Iván Trejos Buriticá<sup>1</sup>

Luis Eduardo Muñoz Guerrero<sup>2</sup>

Jorge Iván Ríos Patiño<sup>3</sup>

*Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia*

Los reflectores del avance de la tecnología y su incidencia en diferentes áreas de conocimiento están puestos actualmente en la forma como incide la Inteligencia Artificial y en las transformaciones que exige. Ante estos significativos cambios hay que pensar en que la educación en Ingeniería siga siendo la misma y en que los ingenieros profesores, perfil que cada vez se va consolidando más en las universidades, continúen su labor e interacción con los estudiantes se desarrollen sin contratiempos. Esta investigación se realizó con 60 ingenieros profesores con diferente caracterización en cuanto a experiencia, formación y tipo de vinculación en universidades públicas y privadas, desde un enfoque cualitativo y donde se adoptó la entrevista estructurada de respuestas abiertas como estrategia de levantamiento de información que, posteriormente, se analizó con análisis semántico y el análisis intertextual. Los resultados expresan algunas preocupaciones y plantean diferentes retos respecto de la incorporación de la Inteligencia Artificial como herramienta para dinamizar el conocimiento y los procesos de aprendizaje. Se puede concluir que, si bien los tiempos de adecuación a las transformaciones actuales son breves para la magnitud de los cambios, la Ingeniería está llamada a incorporarlos, adoptarlos y reflejarlos en la formación de los futuros ingenieros, para una sociedad que requiere cada vez más del ingenio y el conocimiento para la resolución de problemas emergentes en los nuevos escenarios que ella misma construye.

---

<sup>1</sup> Ingeniero de Sistemas, Especialista en Instrumentación Física, Magíster en Comunicación Educativa y Doctor en Ciencias de la Educación. Contacto: [omartrejos@utp.edu.co](mailto:omartrejos@utp.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero de Sistemas, Magíster en Ingeniería de Sistemas y Doctor en Ciencias de la Educación. Contacto: [lemunozg@utp.edu.co](mailto:lemunozg@utp.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería del Conocimiento, Magíster en Informática y Doctor en Ingeniería. Contacto: [jjrios@utp.edu.co](mailto:jjrios@utp.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La aparición de la Inteligencia Artificial desde la perspectiva de los generadores transformadores pre-entrenados GPT ha revolucionado completamente el mundo digital de hoy, sus aplicaciones y la manera como el ser humano interactúa con él [1]. Debido a su veloz penetración en cada una de las esferas del ser humano, la inteligencia artificial, y posiblemente su expresión más popular el servicio ChatGPT de OpenAI, se puede convertir prontamente en una excelente herramienta para dinamizar el conocimiento desde la perspectiva de la academia lo cual, en sí mismo, posibilita un avance in-imaginado, pero absolutamente esperado.

La formación de ingenieros en tiempos actuales se hace hoy más necesaria que antes toda vez que se entienda que la ingeniería es el punto de encuentro entre el conocimiento y el ingenio para resolver problemas de la sociedad [2]. Hoy es más necesaria que en otros tiempos porque este mundo tiene tres características que no se daban antes en la dimensión actual: a) los cambios son repentinos, b) suceden en una misma generación y c) dan muy poco tiempo para apropiarse dichos cambios y para ajustarse a la incidencia de éstos en la vida cotidiana [3].

El ser humano dispuso de siglos para domar el fuego, de cientos de años para aprovechar la rueda, de muchos años para capitalizar los usos de la máquina de vapor, de pocas décadas para servirse de la electricidad, de pocos años para aprovechar los computadores, de días para entender y aprovechar la Internet, de horas para articularse con las redes sociales y los servicios móviles [4, 5] y, en ese mismo sentido, es demasiado corto el tiempo del que se dispone para entender las bondades de la inteligencia artificial y aprovecharla en el contexto académico formativo [6].

El problema que se quiso investigar radicó en la necesidad de conocer la opinión de ingenieros profesores de diferentes perfiles acerca de las nuevas estrategias a las cuales se puede acudir para dinamizar la labor docente y el conocimiento impartido a partir de la incorporación de la inteligencia artificial en la formación de ingenieros [7]. El propósito del estudio, al recoger las opiniones de los ingenieros profesores entrevistados, consistió en aportar a la discusión sobre la forma de incorporar la inteligencia artificial en la formación de ingenieros, algunos elementos de juicio que permitan mirar esta oportunidad como un reto más que como una amenaza y, de esa forma, encontrarle maneras para aprovechar al máximo herramientas como ChatGPT [8].

La novedad de este capítulo radica en la mirada crítica que se hace desde la realidad que viven los ingenieros profesores en el marco de sus propias metodologías de enseñanza, la forma como visualizan la IA y las oportunidades, retos y dificultades que pueden encontrar en un mundo académico que hoy se ve enfrentado al uso, casi obligatorio, de herramientas que ya no son de consulta (como lo ha sido el buscador Google) sino que son de generación de conocimiento retórico, es decir, textos que explican y encarnan un saber determinado entendible por los seres humanos desde una perspectiva menos tecnológica y más comunicacional [9].

El estudio se justificó porque cada vez, siendo que apenas se lanzó ChatGPT en septiembre del 2022, son más las aplicaciones que se le encuentran y no puede ser la excepción la academia bien sea para advertir de sus riesgos o bien para aprovechar al máximo las facilidades y servicios que ofrece desde la perspectiva generativa [10]. El presente capítulo corresponde a un subproducto del proyecto 6-21-10 aprobado por la Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira.

La investigación que se presenta en este documento llega hasta la recolección y tratamiento de la información cualitativa recogida en las entrevistas realizadas a 60 ingenieros profesores y en el análisis de estas a la luz del formato IMRYD [11, 12] que corresponde al estándar de redacción de artículos científicos. Toda la investigación se realizó con profesores ingenieros de programas de ingeniería de universidades del Eje Cafetero durante el II semestre de 2022 y el I semestre de 2023. A manera de hipótesis se puede plantear que es posible dinamizar positivamente la formación de ingenieros, desde la perspectiva de los mismos ingenieros profesores, en los programas respectivos si se analizan, se apropia, se asimilan y se aprovechan las posibilidades que ofrecen herramientas como ChatGPT.



El estudio se apoyó en la referenciación de teorías de aprendizaje como el aprendizaje significativo [13], el aprendizaje por descubrimiento [14], el aprendizaje invisible [15, 16] y el conectivismo [17] dentro del marco de la formación por competencias para abordar las ventajas, bondades y desventajas de la tecnología que brinda la IA a través de la herramienta ChatGPT.

## 2. MÉTODO

Para esta investigación se adoptó un enfoque cualitativo para analizar los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas a 60 ingenieros profesores de universidades del Eje Cafetero con diferentes perfiles de experiencia, nivel de formación y edad. Las respuestas de los profesores se tomaron de viva voz, después fueron transcritas y posteriormente fueron decantadas a través de la técnica de análisis semántico y análisis intertextual que permitieron destacar los elementos de juicio que, efectivamente, aportaban a la discusión y al análisis, así como la identificación de respuestas que tuvieran el mismo sentido y significado.

A pesar de que geográficamente los profesores estaban ubicados en ciudades diferentes, los análisis que se realizaron se hicieron de forma general, es decir, ignorando la procedencia y ubicación del ingeniero profesor y concentrando la atención en el sentido de las respuestas. Las entrevistas se comenzaron a realizar a partir del momento en que emergió en los medios la divulgación de la tecnología de la IA y su expresión tecnológica a partir del uso del servicio ChatGPT.

Paralelo al análisis semántico e intertextual que se aplicó a las respuestas de los ingenieros profesores, en el marco del enfoque cualitativo, se realizaron algunas cuantificaciones que se presentan en las respectivas tablas en el numeral de Resultados. Estas tablas describen la distribución geográfica de los ingenieros profesores, su estratificación por edad, formación académica y años de experiencia. Estas cuantificaciones se realizaron dado que es información que en algún momento pudiera ser relevante para efectos de posteriores análisis que pudieran diferenciarse por cualquiera de los modos de reagrupación. Para el desarrollo de las entrevistas se acudió a la presencialidad, entrevista cara a cara, en 80% y 20%, es decir, 12 entrevistas, se realizaron por canales electrónicos aprovechando la voluntad que tuvieron los ingenieros profesores de participar en el estudio con su opinión.

Como instrumentos de recolección se utilizaron hojas de trabajo de campo en donde se registraron algunas observaciones que surgían en el desarrollo de la entrevista, así como grabaciones de audio para dejar la huella del encuentro entre los investigadores y los ingenieros profesores participantes. Toda la información recogida fue analizada y decantada en textos que posteriormente posibilitaron su análisis tanto semántico como intertextual. Se respetaron tanto las opiniones coincidentes como discrepantes y se agruparon las respuestas según el nivel de coincidencia en el significado y sentido de estas. Esta experiencia puede ser replicada en los términos y condiciones explicados y los resultados, aunque pudieran diferir dependiendo de la región en donde se realicen, es posible que se aproximen en opinión y aportes dado que la IA es una tecnología nueva si se mira desde la perspectiva de herramientas como ChatGPT, dentro de un marco de fiabilidad investigativa total.

No se generaron gráficos de orden estadístico pues la información correspondió mucho más a un aporte cualitativo, desde las respuestas, que cuantitativa. Esta razón llevó a valorar desde las respuestas más coincidentes hasta las más discordantes teniendo en cuenta que lo cuantitativo ayuda a describir un objeto de investigación mientras que lo cualitativo ayuda a comprenderlo, que corresponde al caso que concita este estudio y que se enmarca dentro del área de la investigación científica y tecnológica de un fenómeno en el marco de las ciencias de la educación.

En cuanto a las entrevistas, éstas se centraron en consultar la opinión de los ingenieros profesores alrededor de cinco temas específicos: 1) ¿Sabe qué es la IA? 2) ¿Ha utilizado herramientas de IA para la preparación, realización o evaluación de sus asignaturas? 3) ¿Qué ventajas le ve a la IA? 4) ¿Qué desventajas le ve a la IA? y 5) ¿Considera la IA una oportunidad, una amenaza o un reto? Se permitió que los entrevistados fueron absolutamente abiertos en sus respuestas y manifestaran todo lo que libremente quisieran en su respectivo saber y entender y dentro del marco de la concepción que tuvieran, en el momento de la entrevista, de la IA y su expresión tecnológica más popular ChatGPT.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la Tabla 1 se presenta de forma condensada la información pertinente a la cantidad de ingenieros profesores entrevistados en las tres regiones que se marcaron como población objetivo y en las cuales se enviaron mensajes de invitación que fueron respondidos positivamente por 60 ingenieros profesores. Igualmente, la tabla presenta la distribución en niveles de formación de los entrevistados a la luz de su titulación con Especialización, Maestría y Doctorado, especificando que se marcó el nivel máximo alcanzado. Se presenta también la experiencia en tres niveles: de 5 a 10 años (para aquellos que pueden considerarse como nativos digitales), entre 11 y 20 años de experiencia (para los que se pueden clasificar entre ser nativos e inmigrantes digitales) y los que tienen más de 20 años (para aquellos que son inmigrantes digitales). Finalmente, la tabla especifica los rangos de edad analizados que, a su vez, tiene una relación directa con la clasificación anterior y que establece tres rangos: entre 30 y 40 años de edad, entre 41 y 50 años de edad y más de 50 años de edad.

**Tabla 1.** Cuantificación Ingenieros Profesores Entrevistados

Ítem	Detalle	Risaralda	Quindío	Caldas
Cantidad	Entrevistados	26	14	20
Formación	Especialización	6	3	5
	Maestría	12	7	9
	Doctorado	8	4	6
Experiencia	5 - 10 años	4	3	4
	11 - 20 años	16	8	10
	+ 20 años	6	3	6
Edad	30 - 40 años	5	4	5
	41 - 50 años	16	7	11
	+ 50 años	5	3	4

En la Tabla 2 se presentan las respuestas más significativas entendiéndolas como aquellas respuestas que: 1) encarnan el sentido y significado de las otras, 2) corresponden a respuestas que fueron únicas y no tuvieron similares, y 3) plantean elementos de juicio que, desde la mirada de los investigadores, dinamizan los análisis pertinentes que concitan el presente capítulo y su investigación asociada.

**Tabla 2.** Respuestas cualitativas agrupadas

Descripción	Respuestas
¿Sabe qué es la IA?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por supuesto que si</li> <li>▪ Pues tengo idea, pero saber, saber no</li> <li>▪ He trabajado en el campo por varios años</li> <li>▪ No tengo una idea clara pero percibo de qué se trata</li> </ul>
¿Ha utilizado herramientas de IA para la preparación, realización o evaluación de sus asignaturas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No, nunca las he utilizado</li> <li>▪ En algunos momentos las he utilizado para consultar</li> <li>▪ Si las utilizo con mucha frecuencia</li> </ul>
¿Qué ventajas le ve a la IA?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Facilita el acceso a información de forma rápida</li> <li>▪ Es un camino para aprender</li> <li>▪ Es como conversar con alguien que sabe mucho</li> <li>▪ Permite ahorrar tiempo</li> <li>▪ Simplifica labores de búsqueda así no sean 100% confiables</li> </ul>
¿Qué desventajas le ve a la IA?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se le endilgan muchas cosas que no tiene</li> <li>▪ Todavía le falta mucho para que se hable de inteligencia</li> <li>▪ Creo que el calificativo es pretencioso</li> <li>▪ Se quiere buscar en la tecnología lo que aún no resolvemos en lo humano</li> </ul>
¿Considera la IA una oportunidad, una amenaza o un reto?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es una oportunidad de vernos a nosotros mismos</li> <li>▪ Por momentos, con tanta dependencia, lo veo como una amenaza</li> <li>▪ Es el reto que tenemos en tiempos de hoy para dinamizar el conocimiento</li> </ul>

Se accedió a respuesta de 60 profesores que respondieron positivamente a la solicitud realizada de responder unas preguntas. Debe anotarse que la muestra completa fue de 106 ingenieros profesores, pero 46 de ellos no respondieron o respondieron negativamente argumentando que no les interesaba hablar del tema. Debo advertir que, aunque formalmente no participaron en el estudio, 18 manifestaron desconocimiento del tema de la IA y, por lo tanto, no querían participar en una temática que, a pesar de ser

tan actual, no la habían digerido apropiadamente (según sus propias palabras). Si bien, esta parte no es elemento constitutivo del estudio desde la formalidad de la investigación, no se puede desconocer porque devela que a pesar de la avanzada divulgativa que ha tenido la IA en su expresión más popular como es ChatGPT, todavía se encuentran profesores que aún no se han articulado con estas nuevas herramientas para fomentar el conocimiento o por lo menos para buscar respuestas y compararlas con las de otras fuentes de referencia electrónica.

Sin querer ahondar en este tema pero buscando que no pase inadvertido, esta situación también devela que los estudiantes parecieran estar en un momento más actualizado, tecnológicamente hablando, que los profesores y que, por ende, vale la pena buscar todos los mecanismos de capacitación posible para que estas dos fronteras temporales se encuentren pues no es compatible dentro de un proceso de aprendizaje y enseñanza que mientras los estudiantes se encuentren en el 2023, persistan profesores que pueden estar en el 2000 o antes. La dinámica misma de la academia, el papel de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y las nuevas herramientas basadas en IA, como ChatGPT, invitan a que se capitalicen todas las formas que sean necesarias para que se potencialice el aprendizaje y se apropie el conocimiento por los caminos que exige el lenguaje natural de los jóvenes y, así, lograr alta motivación en sus propios procesos de aprendizaje.

La formación se categorizó en tres niveles: 1) los que tienen título de Especialización, 2) los que tienen título de Maestría, y 3) los que tienen título de Doctorado. La razón por la cual se quiso conocer el nivel de formación de los profesores entrevistados radica en que cada uno de estos niveles tiene un propósito formativo que finalmente debe redundar en su quehacer académico y en su labor docente. El título de Especialización le confiere respaldo al profesor con un conocimiento profundo sobre un área determinada y con ello avala lo que realmente sabe, allende los títulos de pregrado que corresponden a un aval que respalda un sobrevuelo sobre las áreas principales de una disciplina con poca profundidad. La Especialización posibilita entonces que el ingeniero profesor se sumerja en las profundidades de un tema específico y pueda considerarse con un nivel suficiente como para acreditar el conocimiento en dicha área.

Por su parte, la Maestría es un nivel en donde además de tener un conocimiento profundo en un tema o área específica de una disciplina, se revisan y cuestionan modelos, teorías o planteamientos desde una perspectiva crítica tal que se pueda dinamizar el conocimiento bien para ponerlo a prueba, bien para validarlo o para invalidarlo aplicándolo de forma específica en una situación determinada. El nivel de Doctorado permite que, además de tener un conocimiento profundo en un tema específico y de aplicar modelos, teorías y planteamientos desde una perspectiva crítica, se propongan conceptos, modelo o teorías que mejoren, fortalezcan, adecúen, retroalimenten o reemplacen lo que ya pudiere existir al respecto en una temática determinada.

Estos niveles de formación suponen que en la medida en que el ingeniero profesor avanza en ellos de forma ascendente, su labor académica tendrá no solo nuevas motivaciones para ser desarrollada sino también nuevos elementos conceptuales que, desde la investigación (Maestría y Doctorados), posibilitan cuestionamientos tendientes a mejorar su labor bien desde lo temático (en su rol de ingenieros) o bien desde lo metodológico (en su rol de profesores).

Sobre la base de lo explicado, se puede observar en la tabla 1 que la proporción mayoritaria de los ingenieros profesores entrevistados se encuentra en el nivel de formación de Maestría y que, en proporciones aproximadas, los demás están distribuidos de forma equitativa entre el nivel de Especialización y Doctorado. Debe anotarse que esta fotografía de los niveles de formación de los ingenieros profesores entrevistados se ha tomado a lo largo de dos semestres y que se analizaran los mismos participantes unos semestres más adelante, sería diferente sin lugar a duda puesto que son muchos los ingenieros profesores que han terminado el nivel de Especialización, pero están cursando Maestría y son muchos los que han terminado nivel de Maestría y están cursando nivel de Doctorado. Esto, aunado con los esfuerzos de las instituciones de educación superior de promover y facilitar entre sus profesores estudios de alto nivel, ha permitido que sea una meta entre los profesores universitarios alcanzar el nivel doctoral o, por lo menos, el nivel de Maestría.

Por su parte, la experiencia se ha categorizado en: 1) los que tienen entre 5 y 10 años de experiencia que bien podrían designarse como los profesores *nuevos*, 2) los que tienen entre 11 y 20 años de experiencia como profesores que pueden designarse como los profesores *promedio*, y 3) los que tienen más de 20 años que correspondería a los profesores *especializados*. Debe anotarse que el calificativo encerrado entre comillas dobles no indica un nivel específico de conocimiento sino solamente que hace referencia al rango en el cual se ubica un determinado ingeniero profesor. Se nota que la proporción mayoritaria de los entrevistados está ubicada en el rango de los profesores *promedio* es decir los que tienen entre 11 y 20 años de experiencia. Los profesores *nuevos* y los profesores *especializados* están distribuidos de manera proporcional equivalente pero significativamente menor que los profesores *promedio*.

Este factor es importante conocerlo porque son los profesores *promedio* lo que podrían tener claramente definido su desarrollo académico y la secuencia de acceso a los niveles formativos de posgrado además que son los que tienen todas las posibilidades tanto financieras como anímicas para afrontar los retos que se sobrevienen cuando se finaliza exitosamente un proceso de formación a alto nivel y se llega a niveles de orden doctoral. Si bien esta reflexión podría generar alguna polémica no se puede negar que la energía que tiene un profesor *nuevo* para su avance académico a alto nivel no es la misma que la que puede tener un profesor *especializado* así ambos tengan las mismas motivaciones y éste supere a aquel en experiencia y posiblemente en conocimiento. En el mundo de la tecnología, la experiencia es un concepto muy volátil por el exagerado dinamismo académico y temático que tiene dicho mundo.

En la tercera categorización se han clasificado a los profesores por su edad que corresponde a un factor a tener en cuenta, amén del comentario realizado en el párrafo anterior. En este caso se encontró: 1) el nivel de los que tienen entre 30 y 40 años que podrían considerarse los *jóvenes*, 2) el nivel de los que tienen entre 41 y 50 años que podrían designarse como los *maduros*, y 3) el nivel de los que tienen más de 50 años que se podrían definir como los *avanzados*. Debe anotarse que los rótulos planteados para cada categorización corresponden solamente a formas de reconocerlas más no implican ninguna clasificación que pretenda desvirtuar ni la experiencia de unos frente a las energías de otros, al fin y al cabo, ninguno de estos dos factores está claramente definido en el mundo académico pues siempre se requieren factores complementarios para hacerlos efectivos en el ámbito del conocimiento.

En esta categoría se observa que la mayor proporción se encuentra entre los profesores cuyas edades oscilan entre 41 y 50 años y que las otras dos categorías acogen a profesores en proporciones similares, pero notoriamente menores de la proporción mayoritaria. Contar con una participación mayoritaria de ingenieros profesores (según la muestra) en el rango de 41 a 50 años es pensar en que se tiene una población que no solo tiene una experiencia importante, sino que tiene posibilidades, voluntad y capacidad de formación y que en ella se combina tanto lo anímico como lo disciplinar. Ninguno de estos conceptos es absoluto pues en todo estudio en donde el ser humano se encuentra como factor principal de análisis las variantes pueden ser altas pero diferentes sondeos realizados con académicos de otras universidades a las del Eje Cafetero ubicadas en otras regiones, dejan entrever que las proporciones en las tres categorías son aproximados y eso permite pensar en que los análisis realizados tienen un factor de confiabilidad suficiente para estudiar con detenimiento las inferencias que de aquí se deriven.

En la Tabla 2 se observan las respuestas cualitativas agrupadas desde la técnica del análisis semántico y la comparación intertextual de las opiniones que agrupan, recogen e interpretan el espíritu de las respuestas mayoritarias y que dejan entrever un escenario cualitativo frente a la incorporación de la IA por parte de los profesores en la formación de ingenieros. Como se observa se realizaron cinco preguntas que dieron pie a opiniones y vertientes en donde los entrevistados (ingenieros profesores) ampliaron a su gusto lo que querían decir. No debe desconocerse que los análisis cualitativos buscan intentar comprender un fenómeno a investigar mientras que los análisis cuantitativos solo buscan describirlos. En este caso lo que se quiere es comprender el impacto de la IA en la formación de ingenieros desde la perspectiva de los profesores de ingeniería e intentar, a partir de sus propias opiniones, aportar a las discusiones a que haya lugar en relación con la concepción y el puesto que se le ha de conferir a la IA en dichos procesos formativos.

Ante la primera pregunta las respuestas desde la perspectiva cualitativa fueron las siguientes:

- Un grupo de profesores aseveraron de forma enfática *Por supuesto que sí* casi que automáticamente. Se pudo percibir en el desarrollo de la entrevista que, aunque no había mucha convicción, algunos respondieron porque esa era posiblemente la respuesta que hubiera que dar en ese momento al fin y al cabo es el tema actual y de una u otra forma deben los ingenieros profesores saber al respecto. De allí el por qué tiene tanto valor las consideraciones que se hacen al inicio de este numeral pues se detectó, en mediana proporción, que la respuesta no parecía tener el respaldo del conocimiento que se esperaba y que dentro de la conversación adoptada como mecanismo de recolección de información se pudo evidenciar. De todas formas, también debe decirse en proporción mayoritaria, recordando que lo que se busca no es describir el fenómeno a investigar (como lo sugiere la investigación cuantitativa) sino intentar comprender dicho fenómeno (como lo establece la investigación cualitativa), se pudo encontrar ingenieros profesores que efectivamente no solo respondieron de forma afirmativa, sino que además lo dejaron comprobar a lo largo de la entrevista. La asertividad real de esta respuesta estuvo concentrada en ingenieros profesores con Especialización, que tenían entre 5 y 10 años de experiencia y con edad entre los 30 y 40 años.
- Una segunda respuesta que llamó la atención y que se pudo agrupar interpretando el sentir de varios de los ingenieros profesores entrevistados era *Pues tengo idea, pero saber, saber no*. Estos profesores en general expresaron con duda su respuesta, pero a ellos se les notó gran inquietud por no saber con precisión qué era y por no poder responder de forma afirmativa y contundente. Debe tenerse en cuenta que algunos consideraban que *saber* sobre IA es poder tener respuestas a la mayoría de las inquietudes que se le presenten e incluso para algunos poder responder la mayoría de las inquietudes sobre IA pero no poder responderlas todas es síntoma de que no se puede asegurar que sepa del tema. En esta respuesta quedaron agrupados estudiantes con Maestría y Doctorado, con más de 20 años de experiencia y con edad superior o igual a los 41 años.
- Una tercera respuesta es más académica, aunque en el fondo es más evasiva que concreta. Este grupo de profesores respondieron *He trabajado en el campo por varios años*. En el desarrollo de la entrevista se sostuvieron en ese enunciado, pero no especificaron una de las dos posibles respuestas, es decir, SI o NO. Solo argumentaron haber estado en el campo de la IA como una manera de responder SI, pero NO. El desarrollo de la entrevista evidenció en estos ingenieros profesores más dudas que certezas al respecto del tema de la IA, de sus aplicaciones y de las posibilidades que abren para la Educación. Esta respuesta agrupó a ingenieros profesores con Doctorado, con más de 20 años de experiencia y con edades superiores a los 50 años.
- El último grupo de respuestas se centra en la frase *No tengo una idea clara, pero percibo de qué se trata*. Al igual que en las consideraciones anteriores, no aseguran de forma contundente saber qué es la IA pero tampoco admiten no entenderla, es decir, se amparan en la academia de una forma estratégica pues le endilgan a la percepción la comprensión de la idea de la IA, pero dejan una puerta abierta para admitir que la idea que tienen podría no ser suficientemente clara, como lo plantean cuando se les solicita que amplíen su respuesta. Esta respuesta fue proporcionada por algunos ingenieros profesores con Especialización, con experiencia entre 11 y 20 años y con edades entre 41 y 50 años.

En cuanto a la segunda pregunta las respuestas agrupadas por significado y sentido fueron las siguientes:

- La primera de las respuestas agrupadas se condensa en la frase *No, nunca las he utilizado*. Son ingenieros profesores, independiente de la respuesta a la primera pregunta que pudo haber sido un contundente SI, admiten que nunca han utilizado estas herramientas. Si bien debe admitirse que no utilizarlas no significa que no las conozca, también puede inferirse que su aplicación fortalece el conocimiento de este tipo de herramientas dentro del contexto académico. Esta fue una respuesta que correspondió mayoritariamente a profesores que obtuvieron su título doctoral hace más de 10 años (categoría que no se tuvo en cuenta para simplificar la interpretación y presentación de los resultados), con más de 20 años de experiencia y con más de 50 años de edad.
- La segunda respuesta se agrupa en la frase *En algunos momentos las he utilizado para consultar* que encarna la utilidad de estas herramientas, pero le endilga solamente el papel de elemento de consulta

lo cual abre un panorama bastante amplio de posibilidades si se tiene en cuenta que estas herramientas posibilitan desde la construcción de una presentación en PowerPoint hasta el desarrollo completo de una temática bajo los estándares que se requieren en educación como la rúbrica, planeación, estrategias, etc. Esta fue una respuesta típica de los ingenieros profesores con título de Maestría, entre 11 y 20 años de experiencia y entre 41 y 50 años de edad.

- Como era de esperarse, un grupo mayoritaria (que no coincide proporcionalmente con ninguna de las respuestas de la primera pregunta) responde *Si las utilizo con mucha frecuencia* y en ese grupo se detectan los ingenieros profesores que evidencia, con su retórica, un conocimiento amplio y firme no solo sobre los usos de las herramientas de IA como ChatGPT sino de los algoritmos que la posibilitan y de la manera como funcionan los grandes modelos de lenguaje LLM, que son la base para la interacción a través de *prompts* con recursos que se basan en la IA. Esta respuesta distinguió a los ingenieros profesores con título de Especialización y algunos de Maestría, entre 1 y 10 años de experiencia y algunos entre 11 y 20 años y con edad entre 30 y 40 años.

En la tercera pregunta los ingenieros profesores entrevistados fueron mucho más abiertos, y si bien cada respuesta a las preguntas anteriores fueron acompañadas de explicaciones que, in situ, respaldaban o desvirtuaban la respuesta como tal, en esta pregunta fueron mucho más amplios razón por la cual intentar condensar al máximo lo que opinaron, aplicando el análisis semántico por sentido, fue un poco más complejo y para ello se tuvo que acudir este tipo de análisis pero en seis niveles, es decir, se realizó una primera aproximación a las respuestas condensándolas en algunas, con el resultado obtenido se volvió a aplicar la técnica y así hasta completar seis veces dicho procedimiento. Los resultados obtenidos en la sexta reagrupación fueron los siguientes:

- La primera de las respuestas indica que *Facilita el acceso a información de forma rápida*. Esta fue una respuesta típica de los ingenieros profesores con Especialización y algunos con Maestría, entre 30 y 40 años de edad y con menos de 20 años de experiencia. Según esta respuesta se destaca la utilidad que representan las herramientas de IA cuando simplifican el acceso a la información que, en por definición de la tecnología, ya se había promovido con el desarrollo de las tecnologías para la información y la comunicación pero que con la IA hacen aún más fácil dicho acceso pues acelera los procesos en los cuales están inmersas.
- Otra respuesta que llama la atención, por su tinte académico, es que *Es un camino para aprender* pues se le encuentra, ipso facto, un uso a las herramientas IA que vale la pena destacar y ese que se pueden concebir como caminos nuevos para aprender en sintonía con el lenguaje natural de los jóvenes de hoy. Esta fue una respuesta que agrupó a ingenieros profesores con Especialización y Maestría, con edades entre 31 y 50 años y con experiencia entre 11 y 20 años.
- Una respuesta que llamó la atención (y que fue recurrente) consistió en la frase *Es como conversar con alguien que sabe mucho* que en si misma valora y destaca la presencia de aquel que sabe mucho y, por ende, de quien se puede aprender mucho. En ese pedestal algunos ingenieros profesores colocan la IA con sus herramientas pues ante todo herramientas como ChatGPT son más que GPT un sistema de chat, es decir, un sistema que se aproxima en altísima similitud a la conversación con una persona y que posibilita, por la vía de los *prompts*, preguntar y obtener respuestas con cierto nivel de precisión. Esta respuesta fue típica de los más jóvenes, con menor nivel de formación (Especialización) y con pocos años de experiencia, es decir, los que posiblemente hayan interactuado mucho más con las herramientas tecnológicas y que ven, en la llegada de las herramientas IA, un conjunto de posibilidades para la educación.
- Un factor que fue destacado por una inmensa mayoría fue que este tipo de herramientas *Permite ahorrar tiempo* y, en la ampliación que se realizó a través de la interacción y conversación con ellos, planteaban que es un factor muy importante debido a que el acceso a varios enlaces (como los que provee Google a través de su navegador Chrome) implica un tiempo que cada vez se reduce más por la cantidad tan inmensa de opciones en donde se puede encontrar lo que se busca. Las herramientas IA como ChatGPT ahorran tiempo y ese mismo tiempo se puede invertir en profundizar en los temas, en

cuestionar las respuestas o en buscar de otras formas para comparar resultados. No se identificó un grupo específico de ingenieros profesores que acudieran a esta respuesta porque fue una expresión de la inmensa mayoría sin ningún distingo.

- Se agruparon las respuestas en una última categoría con la frase *Simplifica labores de búsqueda así no sean 100% confiables* que le endilga a la IA y sus herramientas asociadas la labor de simplificar labores de búsqueda lo cual respalda el buen uso del tiempo, pero reconocen que la confiabilidad de estas herramientas, por sus características, no son 100% confiables y por lo tanto se sigue requiriendo de la participación activa del profesor para la revisión y cotejo de las respuestas obtenidas. Esta también fue una respuesta que identificó un grupo de profesores jóvenes más cercanos a la tecnología, a sus servicios y herramientas y que han experimentado algunas de sus bondades.

En cuanto a las desventajas, que se representan en la pregunta cuatro, también se aplicó la técnica de análisis semántico por similitud de sentido para simplificar la presentación de las respuestas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- La respuesta *Se le endilgan muchas cosas que no tiene* y los argumentos al respecto evidencian un conocimiento de las herramientas IA tipo ChatGPT que efectivamente develan su sentido de uso, es decir, utilizarlas, pero sin considerar que es la panacea del conocimiento y, por el contrario, tener claras sus limitaciones y sus fronteras para no dar por cierto lo que podría no serlo. Esta es una respuesta que agrupa a ingenieros profesores con Especialización y con Doctorado (los extremos), con experiencia menor de 10 años y mayor de 20 años y con edades que son menores de 40 y mayores de 50 años.
- Otra respuesta que agrupa e interpreta el sentir de varias opiniones es *Todavía le falta mucho para que se hable de 'inteligencia'* pues en realidad la inteligencia humana va mucho más allá que la inteligencia artificial y si bien pareciera que ésta quisiera imitar a aquella no siempre pareciera, por simple definición, que fuera cierto. Esta respuesta evidencia que si bien hay expectativas de uso en la educación por parte de los ingenieros profesores de las bondades de la IA y expresiones como ChatGPT no se desconoce el papel aún relevante de los seres humanos con sus capacidades, su espontaneidad, su conciencia y su instinto, elementos (por citar solo algunos) que podrían no ser tan fáciles de imitar y a los que la tecnología aún no ha empezado a aproximarse. Esta respuesta fue perfiló a ingenieros profesores con título de Doctorado, experiencia mayor de 20 años y edades superiores a los 50 años.
- Ante la respuesta *Creo que el calificativo es pretencioso* y los comentarios que la amplían, puede pensarse en que cuando se habla de inteligencia artificial se está definiendo con claridad la parte artificial (pues ha sido construida por el ser humano) sin embargo la parte de inteligencia como tal no pareciera ser totalmente cierta excepto en el caso en que se llegare a comprobar que los razonamientos, los juicios y las opiniones de un ser humano corresponden a un simple cruce y relación entre variables. Esto en sí mismo dejaría por fuera la espontaneidad, la originalidad y la iniciativa pues se estaría asegurando que todo lo que vive el ser humano está basado en algo que ya ha sucedido y no necesariamente es cierto. Sin embargo, ese es tema de otro artículo. En esta respuesta se agruparon, en mayor proporción, ingenieros con título de Maestría, experiencia entre 11 y 20 años y edades entre 41 y 50 años.
- La respuesta *Se quiere buscar en la tecnología lo que aún no resolvemos en lo humano* plantea, junto con los argumentos recibidos in situ, la necesidad de ver a la tecnología como la herramienta que es y no como la que no es, es decir, no es la solución de los problemas que los mismos seres humanos no han podido resolver y en ese sentido, compete al ser humano entender las razones que en su naturaleza originan diferentes situaciones y encontrar caminos racionales para intentar resolverlas. En esta respuesta no se distinguió un perfil específico ni en nivel de formación, ni en edad ni en experiencia como profesor.

La quinta pregunta tuvo no solo respuestas y comentarios más amplios sino panoramas muy diversos. En esta respuesta hubo necesidad de aplicar el análisis semántico por similitud de sentido en procesos recurrentes que se replicaron 15 veces pues se buscaba facilitar, lo mejor posible, la presentación de estos resultados que por ser de orden cualitativo son más dispendiosos de analizar y comentar. Tres opciones se

abrían para ser abordadas y por eso las respuestas que se analizan van en el mismo sentido de los tres caminos:

- Como oportunidad las respuestas se condensan en una frase que interpreta el sentir y significado de los entrevistados y que reza *Es una oportunidad de vernos a nosotros mismos*. De hecho, es una frase que varios dijeron de viva voz en el marco de sus propias argumentaciones. Efectivamente será beneficioso para el ser humano cada espacio, acción o elemento de juicio que lo invite a mirarse a sí mismo porque, desde una perspectiva crítica proactiva, dicha mirada es la oportunidad para crecer manteniendo y fortaleciendo los aciertos y corrigiendo los posibles errores que se cometan. Las herramientas IA como ChatGPT permiten vernos como profesores y evidenciar, en el marco de nuestra labor, lo que podemos corregir y lo que podemos potencializar bien sea con apoyo de la IA o sin apoyo de ella, solo con la interacción con los estudiantes y el saber disciplinar.
- Como amenaza se destaca posiblemente el factor frente al cual debe tenerse cierta precaución y que se condensa en la frase *Por momentos, con tanta dependencia, lo veo como una amenaza* pues el gran problema que pueden traer estas tecnologías de tanto avance (y que lo evidenciamos con el uso de los dispositivos móviles, la penetración de los servicios telemáticos y el acceso a la Internet) es que se crea una dependencia a un punto inimaginable al punto que se ha caracterizado la nomofobia al nivel de una patología y eso ya es mucho decir pues cuando la dependencia es total, el ser humano se ve afectado en su desarrollo en todas las aristas.
- Como reto, los ingenieros profesores entrevistados priorizan la necesidad de dinamizar el conocimiento como camino para avanzar en el saber en beneficio de la humanidad y por lo tanto la respuesta *Es el reto que tenemos en tiempos de hoy para dinamizar el conocimiento* refleja la necesidad de buscar caminos para que estas herramientas IA como ChatGPT se conviertan en forma de hacer crecer al ser humano a partir de lo que ya sabe y de lo nuevo que puede aprender.

#### 4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el propósito del estudio, al recoger las opiniones de los ingenieros profesores entrevistados, consistió en aportar a la discusión sobre la forma de incorporar la inteligencia artificial en la formación de ingenieros, algunos elementos de juicio que permitan mirar esta oportunidad como un reto más que como una amenaza y, de esa forma, encontrarle maneras para aprovechar al máximo herramientas como ChatGPT, bien puede concluirse que herramientas IA como ChatGPT pueden aprovecharse al máximo no solo para fortalecer la academia sino también para dinamizar el conocimiento. Cómo hacerlo es la gran incógnita que debe empezarse a resolver a partir de la investigación que se haga al respecto del tema.

Es claro que vivimos en un mundo altamente *tecnologizado* y que mirar las oportunidades que ofrece es la manera de aprovechar al máximo su lado positivo.

Por su parte, si nos dejamos llevar por la tendencia y no capitalizamos las ventajas es posible que estas herramientas se conviertan en una amenaza porque quedaremos a discreción de lo que la IA haga por nosotros cuando somos nosotros los que debemos avanzar y así usar apropiadamente herramientas como ChatGPT.

Ahí está el reto a resolver pues solamente los seres humanos, encarnados en los ingenieros profesores, podrán saber si escogen el camino de que se convierta en una oportunidad o en una amenaza la aparición generalizada de la IA con herramientas como ChatGPT. Cualquiera que sea el camino, será la opción que el ser humano (y solamente él) habrá escogido.



## REFERENCIAS

- [1] Baker M. (2000). The roles of models in AI and Education, *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 11, 122-143.
- [2] BenHaim J. (2007) Why the best engineers should study Humanities. *The international journal of mechanical engineering education* 28, 195 - 200.
- [3] Odorico A. (2007). Robótica, Informática, IA y Educación. En IX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
- [4] Trejos O. (2023). Uuk!!! Así empezaron las matemáticas. *Aula Humanidades*.
- [5] Boyer C. (2010). *Historia de la Matemática*. Alianza Editorial.
- [6] Chen L. (2020). AI in Education: A review. *IEEE Explore* 8, 75264 - 75278.
- [7] León A. (2018) Ingenio, Ciencia, Tecnología y Sociedad, una experiencia de ingeniería humanitaria. *International Journal of Engineering, Social Justice and Peace* 6(1), 39-48.
- [8] Hwang G. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of AI in Education. *Computer and Education: Artificial Intelligence* 1.
- [9] Canavilhas J. (2011). El nuevo ecosistema mediático. *Revista Comunicación* 1, 13-24.
- [10] Luan H. (2020). Challenges and future directions of Big Data and AI in Education. *Frontiers in Psychology* 11, 1-12.
- [11] Day R. (2005). How to write and publish scientific Works. *The Oryx Press*.
- [12] Barbara J. (2012). How to write a scientific article. *International Journal of Sports Physical Therapy* 7(5), 512-517.
- [13] Ausubel D. (2012). *The acquisition and retention of knowledge*. Springer.
- [14] Bruner J. (2010). *Actos de significado*. Gedisa.
- [15] Cobo C. y Moravec J. (2011). *Aprendizaje invisible: Hacia una nueva ecología de la educación*. Universitat de Barcelona.
- [16] Amarante A. (2018). *Aprendizaje y evaluación por competencias*. Miño y Dávila Editores.
- [17] Siemens G. (2006). *Knowing Knowledges*. Recuperado: Lulu.com.

# Análisis de los aspectos motivacionales incidentes en la actitud hacia los aprendizajes matemáticos en estudiantes colombianos de Licenciatura en Educación

Giovani Alfonso Mejía Pérez<sup>1</sup>  
Francisco Javier Cartes Arenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Universidad de La Guajira, Colombia*

<sup>2</sup>*Universidad Arturo Prat, Chile*

El objetivo de este estudio es determinar si los futuros profesor de educación infantil se sienten cómodos con el aprendizaje de las matemáticas, intentando identificar los aspectos motivacionales que inciden en su actitud hacia este aprendizaje, y verificar si a mayor índice de apatía o fobia por el conocimiento, logran menor alcance de los aprendizajes básicos. La metodología es de naturaleza cuantitativa y se sitúa en un paradigma positivista. Uno de los resultados obtenidos en esta investigación es que la mayoría de los estudiantes se encuentran indecisos e inseguros al momento de enfrentarse a los conocimientos matemáticos. Cabe resaltar que para que puedan obtener el logro de sus aprendizajes se hace necesario que se encuentren motivados, y esto dependerá de diversos factores que influirán significativamente en la obtención de sus logros y en la actitud que asuman frente a los conocimientos en matemáticas.

---

<sup>1</sup> Licenciado en Educación y Magíster en Educación. Contacto: [gmejia@uniguajira.edu.co](mailto:gmejia@uniguajira.edu.co)

<sup>2</sup> Magíster en Estadística Aplicada. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

La Matemática pertenece a las ciencias formales, ya que potencia en las personas la habilidad de pensar, analizar y tomar decisiones basadas en un razonamiento lógico, por tal motivo estudiar y analizar la actitud de los estudiantes frente al aprendizaje de esta asignatura es de gran inquietud e importancia, no solo para el profesor que lidera los procesos de enseñanza-aprendizaje, sino también para toda la comunidad educativa que forma parte del apoyo académico. La humanidad tiene claro que necesita del estudio de las matemáticas en su vida cotidiana. Como afirma [1]:

*Las maravillas tecnológicas y el avance vertiginoso de las mismas se deben, en gran parte, al avance y a la investigación que se desarrolla en matemáticas a lo largo de todo el mundo.*

La Matemática es una de las áreas fundamentales que desde la perspectiva de muchos de los estudiantes colombianos es considerada muy compleja. A tal punto que cuando se habla de ella se presenta una predisposición negativa para llegar al aprendizaje de los contenidos en sus diferentes ramas, tal como se señala en [2]:

*La Matemática tiene una mala reputación en esta sociedad, a pesar de esto la consideran importante no es apreciada para conocerla o estudiarla, según este estudio algunos estudiantes de décimo año del Colegio El Carmen de Alajuela sienten rechazo, miedo o fobia en algún grado.*

Con respecto al punto anterior, a nivel internacional existe una preocupación por la educación matemática, diversos autores apuntan a que se debe favorecer la adquisición de estos conocimientos desde las primeras edades, pues aquellos que la comprendan y puedan utilizarla tendrán más oportunidades en su futuro.

Sin embargo, para esto es necesario aplicar medidas eficientes que contrarresten el bajo rendimiento en esta asignatura, tales como: atender las necesidades académicas de los estudiantes, valorar las herramientas cognitivas potenciadas por las matemáticas, intervenir la educación primaria, aumentar la participación de la familia en la educación y tener en cuenta los factores motivacionales para fomentar la participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, entre otros.

Asimismo, profesores de todos los niveles han mostrado su interés por entender ¿Qué sienten los estudiantes cuando se enfrentan a los diferentes saberes y habilidades matemáticas, donde deben demostrar con procedimientos, habilidades cognitivas y actitudinales, que intervienen en su proceso de aprendizaje?

En consultas realizadas a diferentes grupos de estudiantes de licenciatura en Educación Infantil de la Universidad de la Guajira extensión Maicao, que cursan Didáctica de las Matemáticas, se ha podido observar al inicio del desarrollo de las primeras clases que hay cierta desmotivación y apatía hacia el aprendizaje de las Matemáticas. Teniendo como fundamento todo lo mencionado anteriormente, y atendiendo a que los futuros profesores de Educación infantil no se sienten cómodos con los desarrollos temáticos que involucran matemáticas, y que por ende su influencia en la formación que brindarán a sus futuros estudiantes surge los siguientes cuestionamientos:

1. ¿Cuáles son los aspectos que influyen en los estudiantes que ingresan a la licenciatura de Educación infantil, que no les permiten tener una buena actitud hacia los cursos que están relacionados con contenidos matemáticos?
2. ¿Cuáles son las causas motivacionales más comunes que presentan los estudiantes de la licenciatura en Educación Infantil que no les permiten desarrollar el pensamiento lógico matemático de forma adecuada?
3. ¿Cómo se relacionan las vivencias escolares en nivel secundaria de los estudiantes de licenciatura en Educación infantil, con la formación de miedos hacia los contenidos matemáticos?

Estos interrogantes se pueden resumir en: *¿Cuáles son los aspectos motivacionales que inciden en la actitud hacia aprendizajes matemáticos en estudiantes de Educación infantil de Uniguajira?*

El objetivo es analizar la asociación de los factores motivacionales incidentes y la actitud hacia aprendizajes matemáticos en estudiantes de educación infantil de la Universidad de la Guajira Uniguajira, Colombia, del segundo periodo académico de 2021.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Aspectos motivacionales

La motivación por aprender las matemáticas es un proceso que un profesor debe desarrollar durante su planeación además de su preocupación por generar las estrategias que le permitan conseguirla, pero debe involucrar algunos aspectos que relacionen al estudiante con sus ganas de llegar a una meta académica deseada, claro que esto involucra también los conocimientos previos del estudiante, las perspectiva que tenga de los tipos de metas que se le ofrecen, su comportamiento, el ambiente escolar donde se encuentre, su contexto y sus creencias, y lo más importante de todo la cualificación que tenga el profesor.

### 2.2 Motivación

Motivar es una acción que depende de varios factores relacionados con el ser humano para poder alcanzar resultados deseados y satisfactorios o que le permitan mejorar. En [3] se señala que *la motivación sería un estado deseable tanto para uno mismo como para los demás. A pesar de que existen varios sistemas motivacionales de naturaleza aversiva.* El dolor el hambre la angustia y el castigo son fuentes potentes y frecuentes de motivación. Sin embargo, es posible que los resultados esperados no sean los deseados. Y el sentimiento que asumen las personas por no poder alcanzar las metas académicas deseadas genera en ellos ciertas frustraciones los cuales les hacen ver las cosas de una forma diferente aun cuando se les esté tratando de ayudar en sus dificultades. En el estudio [4] se señala:

*Se trata de sujetos que, debido a su historia personal y a las implicaciones negativas que las experiencias de fracaso tienen sobre la propia competencia y, en general sobre el auto-concepto, presentan un cierto temor al fracaso (miedo al fracaso), dado que este resultado se interpreta con frecuencia como indicador de que uno no vale, y por lo tanto es algo que hay que evitar.*

Por esto es importante la calidad del profesor desde su formación para que sea capaz apoyar al cambio de las maneras de pensar que influyen en el comportamiento de los estudiantes al momento de enfrentarse a las matemáticas. En [5] se afirma que:

*La influencia que los profesores pueden tener en la formación de actitudes (positivas o negativas) hacia las matemáticas, y, la motivación hacia su estudio, la ansiedad, agrado, utilidad y confianza es un hecho contrastado por varias investigaciones al respecto.*

Lo que de una u otra manera puede generar caos para nuestra sociedad en futuras generaciones.

#### 2.2.1 Motivación y rendimiento académico

Es importante analizar entonces la relación entre la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes basados en logros de otros autores como. Por ejemplo, en [6] se analizó la influencia de la motivación en el rendimiento académico de 44 estudiantes de ingeniería, donde encontró una correlación entre la motivación y el rendimiento académico evidenciándose de forma estadísticamente significativa la relación entre estas variables del estudio. El instrumento empleado en la investigación (MAPE-3) para evaluar la motivación y una prueba sumativa para evaluar el rendimiento académico.

Por otra parte, en [7] se observó cómo se relacionan la motivación y el rendimiento del área de las matemáticas en 100 estudiantes de secundaria, donde la medición de las variables la realizó a través de un *Cuestionario de Motivación* [8]. Entre los hallazgos se señalan que las variables se relacionan positivamente de efecto moderado ( $Rho=0,568$ , p). En [9] se analizó la relación entre la motivación y el aprendizaje del área de matemática, siendo la muestra seleccionada de 80 estudiantes de sexto grado. La recolección de datos se hizo a través de una encuesta y cuyo instrumento de la variable la motivación fue el cuestionario, en su investigación el autor concluye que existe una correlación significativa entre las variables.

Mientras que en [10] se estimó la consistencia del *inventario autor reporte de estrategias de aprendizaje y motivación* MSLQ, donde participaron 182 estudiantes con un 88% de género femenino, de primer curso de pedagogía, donde se analizó la correlación entre las estrategias auto reportadas y la calificación definitiva en una asignatura específica. Y no se evidenciaron relación significativa entre las variables.

La posible explicación según el autor es que se debe a la deficiencia de la práctica institucional, otra sería la deficiencia en la evaluación final de la asignatura, y una última razón sería la validez externa del MSLQ, lo cierto es que esto genera muchas discusiones acerca de estas explicaciones. Por otro lado, en [11] se pretendió profundizar en el modelo que, sobre la motivación académica en el aula, propuesto en [12], en la aplicabilidad de su tipología motivadora a los estudiantes de la ESO y Bachillerato, se presentaron hallazgos correlacionales iniciales de 521 estudiantes que indicaron una cierta irrelevancia de dichas variables motivadoras en el rendimiento académico, así como elevadas correlaciones observadas durante todo el periodo académico basadas en evaluaciones previas.

En [13] se intentó analizar los perfiles de satisfacción, motivación y el clima de aprendizaje en función del rendimiento académico del discente y de las competencias del profesorado, así como ejemplificar el diseño, metodología y posibles análisis a realizar para responder a los objetivos planteados, para ello presentan una muestra compuesta por 890 adolescentes (442 hombres y 448 mujeres). El instrumento que utilizaron fue un cuestionario sobre: Rendimiento académico, Satisfacción con la vida SATV, Satisfacción con la escuela ISC, Sport Satisfaction Instrument SSI, Evaluation of Teaching Competencies Scales ETCS, Perceptions of Teacher's Emphasis on Goals Questionnaire PTEGQ, Physical Education Classroom Instrument PECL, Intention to partake in leisure-time physical activity, Importancia y utilidad de la Educación Física IEF.

Otros factores que pueden incidir en esta relación de acuerdo con la relación entre los componentes, cognitivos, afectivos, sociales fueron planteados en [14]. En la motivación escolar se interrelacionan diversos componentes cognitivos, afectivos, sociales y académicos que tienen que ver tanto con las acciones de los estudiantes como con la de sus profesores.

## 2.2.2 Género y motivación hacia las matemáticas

Con respecto al género, se tienen unas percepciones no fundamentadas donde las estudiantes muestran más temor por aprender matemáticas que los estudiantes, a pesar de que ellas sean más disciplinadas a la hora de presentar sus actividades y en algunos casos muestran buenas competencias y habilidades para resolver situaciones problemas, sin embargo, no son capaces de afrontar carreras de educación superior en las que tengan que enfrentarse con las matemáticas.

En [15] se señala que *los estereotipos sobre las diferencias entre sexos nos dicen que son ellos los que destacan en las matemáticas y ellas las que sobresalen en habilidades lingüísticas*. Los resultados de las investigaciones son poco concluyentes como para justificar el arraigo que sigue teniendo esta creencia. Sin embargo, también se señala que las carreras futuras que tanto los hombres como las mujeres eligen después de terminar sus estudios de educación media reflejan evidencias importantes sobre estas diferencias.

En este aspecto, en [16] se discute sobre las diferencias asociadas al género, ya que los niños se destacan más por ser competitivos, aventureros y les gustan las actividades que implican riesgos, por esto les gusta construir cosas y de jugar con juguetes mecánicos, y por consiguiente se muestran más interesados por tareas relacionadas con las matemáticas, las ciencias y la tecnología. En cambio, a las niñas se les considera cooperativas, cariñosas, gentiles, caritativas, intuitivas, más emocionales, menos racionales, y más interesadas por tareas como la lectura, la escritura, la danza y las relaciones interpersonales, y esto podría ser, en parte, responsable de que sean pocas las estudiantes en carreras relacionadas con las matemáticas.

Es preciso resaltar que el estudio de género se ha tomado en cuenta para poder analizar las brechas sobre la apreciación que ambos géneros tienen sobre las matemáticas, por ejemplo, en [17] se menciona que, *en diferentes estudios, las mujeres parecen manifestar una mayor desconfianza en sus logros en el área de las matemáticas, reproduciendo un mayor pensamiento estereotipado y una menor competencia percibida*

*para el aprendizaje de las matemáticas.* Esto exhibe la baja confianza que las mujeres manifiestan por los conocimientos matemáticos, a pesar de que sus logros sean mejores que el de los hombres. Sin embargo, son más autoexigentes cuando se trata de obtener buenos logros en las matemáticas.

Por su parte, en [18] se indica que:

*Las diferencias que se han conservado a lo largo de la historia de la humanidad se convirtieron en la justificación de las discriminaciones, por lo tanto, se requiere seguir insistiendo en la necesidad de un cambio hasta alcanzar que se garantice un desarrollo igualitario desde la diferencia en las capacidades, aspirando a una sociedad que brinde igualdad de condiciones a hombres y mujeres.*

### **2.2.3 Tipo de colegio y motivación hacia las matemáticas**

En lo referente a la influencia del tipo de colegio en la formación de la actitud de un estudiante hacia las matemáticas no se han encontrado hallazgos significativos que puedan profundizar este ítem. Sin embargo, se ha encontrado que los estudiantes de colegios privados obtienen mejores resultados académicos que los del sector oficial. En el estudio [19] se señala que:

*Otra creencia tiene que ver con la educación en las instituciones no oficiales, donde los estudiantes que asisten a colegios privados adquieren mayor facilidad para desempeñarse en matemáticas debido a las facilidades tecnológicas, tiempo extra y acompañamiento que se le da durante su escolaridad.*

De repente esta hipótesis podría no ser cierta comparándola con algunas instituciones bien dotadas y que no obtienen los resultados esperados.

### **2.2.4 Apoyo en las tareas de las matemáticas por parte de la familia**

En cuanto a las carreras profesionales que las mujeres están eligiendo, se ve notablemente que suelen escoger aquellas que tengan que ver con menos matemáticas. En [17] también señala que: Algunas respuestas manifiestan que las mujeres no ven un valor en ser competitivas, que las familias ayudan a que ellas no opten por estudios que se consideran muy exigentes o que las salidas profesionales de determinadas carreras son más hostiles a las mujeres.

### **2.2.5 Edad y matemáticas**

En cuanto a la edad y la importancia de la edad en las mujeres con respecto al aprendizaje de las matemáticas: ¿Cuál es la edad más apropiada para aprender matemática? En este apartado no se consiguió respuestas por parte de la bibliografía consultada. Algunos autores solo señalan el porcentaje de rangos de edades en los que aplicaron sus encuestas para dar la información necesaria y aportar unos datos que si bien es cierto no han sido concluyentes, sin embargo, se puede identificar que a medida que las niñas van creciendo en edad van restándole importancia a los aprendizajes que tienen que ver con conocimientos matemáticos o carreras afines.

## **2.3 Teorías sobre los tipos de motivación**

Para hablar de motivación se debe tener en cuenta cuales son los tipos de motivación que existen y de esta manera poder comprender es el sentido que se le da al aprendizaje de los estudiantes, y poder guiarlos en el proceso. De acuerdo con esto, se necesita analizar cada tipo de motivación, así como los estilos propios de la misma, cómo diferentes autores plantean la motivación intrínseca y extrínseca. Si se tiene en cuenta que la motivación es una de las variables de gran estudio en lo personal y contextual de la población adolescente, se espera que esto ayude a predecir su relación con los logros y el rendimiento académico.

Se puede señalar, además, que en la actualidad el sistema educativo debe armar diferentes estrategias de acuerdo con las diferentes etapas de los niños y los adolescentes, que les permita afrontar todas sus dificultades y poder conseguir los logros académicos esperados. Por lo que es necesario que los profesores o profesionales de la educación, incluyan en sus planificaciones de clases el ingrediente *motivación* para apoyarlos y en el proceso de aprendizaje principalmente en las matemáticas [20].

### 2.3.1 Motivación intrínseca

La motivación intrínseca es aquella que impulsa a todo ser humano a realizar cosas porque le gustan, y más sin que con ella obtengas recompensas. La motivación intrínseca es la tendencia inherente a buscar la novedad y el desafío, a extender y ejercitar las propias capacidades, a explorar, y a aprender [21]. Entonces se puede relacionar con cualquier tipo de profesión que en el que el individuo se encuentre inmerso, en el caso de los estudiantes este tipo de motivación puede influir de forma positiva o negativa. Las necesidades intrínsecas del ser humano, o más concretamente del estudiante, que influyen sobre la motivación intrínseca son la autonomía, la competencia y el establecimiento de vínculos. Esas tres necesidades están integradas y son interdependientes y, por ello, fortalecer una de ellas repercute sobre las demás [21].

### 2.3.2 Motivación extrínseca

La motivación extrínseca, se basa en recibir dinero, recompensas y castigos, o premio, por una tarea o actividad realizada. ya que el ser humano también es influenciado por el contexto cultural y ambiente social en el que se desenvuelve, lo obliga a responder con ciertos deberes y demandas solo para demostrar su valor este tipo de motivación es el que se considera extrínseca, por lo tanto, en el ámbito escolar encontraremos que los estudiantes estarán siendo influenciados notablemente también por este tipo de motivación y el padre de familia o tutor legal en un momento determinado lo exigirá [22].

## 2.4 Actitud hacia las matemáticas

Hasta aquí se ha analizado la parte motivacional de los estudiantes, considerando cada uno de esos aspectos motivacionales que intervienen e influyen en el aprendizaje de los estudiantes, otra de las variables que es necesario tener en cuenta en este estudio es la actitud que el estudiante tiene frente a los conocimientos matemáticos, ya que un gran porcentaje para tener éxito en la enseñanza aprendizaje de las matemáticas va a depender de ese nivel de interés, seguridad y confianza que ellos tengan no solo al profesor sino también a al área [23]. Se estima que las niñas manifiestan mayor interés por las matemáticas, pero tienen menos confianza que los niños en obtener buenos resultados. Este punto de vista muestra que, en general, son los hombres quienes obtienen mejores resultados que las mujeres en las pruebas en matemáticas.

Ahora se debe tener en cuenta esos factores actitudinales hacia los aprendizajes de las matemáticas que influyen en su proceso de enseñanza-aprendizaje. En [24] se menciona que *el estudio de las actitudes hacia las matemáticas es fundamental porque impiden una progresión en el aprendizaje de las matemáticas*. Esta posición permite dar relevancia al tema e invita a la comunidad científica a tener en cuenta esta discusión para encontrar hallazgos importantes que permitan encontrar soluciones a diversos problemas actitudinales hacia las matemáticas.

Además, *en la literatura ya existen estudios que tratan de identificar las actitudes hacia las matemáticas e identificar sus relaciones con el aprendizaje en estudiantes universitarios* [25]. Ahora se debe conocer cuáles son esos factores actitudinales para medir este nivel de ansiedad y en este sentido, [26] propone factores actitudinales como:

- *Agrado*: Este factor hace referencia al aspecto de agrado o disfrute que provoca el trabajo matemático.
- *Ansiedad*: Este factor se refiere al sentimiento de ansiedad, temor que el estudiante manifiesta ante la materia de matemáticas.
- *Motivación*: Este factor puede interpretarse como la motivación que siente el estudiante hacia el estudio y utilización de las matemáticas.
- *Utilidad*: Este factor hace referencia al valor que el estudiante otorga a las matemáticas, a la utilidad que él percibe que puede tener esta materia para su futura vida profesional.
- *Confianza*: Este factor puede interpretarse como el sentimiento de confianza que provoca la habilidad en matemáticas.

Para algunos autores es importante tener en cuenta la influencia entre la actitud que un estudiante tiene hacia los mismos aprendizajes matemáticos para que pueda obtener los mejores resultados durante su estudio. Por ejemplo, para [5]:

*La importancia de que las actitudes hacia las matemáticas influyen de diferente forma en el aprendizaje matemático basta para que manejemos los recursos necesarios para que el rendimiento final pueda ser lo más adecuado posible a los objetivos planteados.*

Pero, también es importante medir esa actitud no solo con los conocimientos matemáticos, sino también con el profesor que dirige la enseñanza. Otros autores lograron evidenciar como la actitud hacia las matemáticas le ayuda al estudiante para que pueda tener la confianza y adquirir las habilidades matemáticas necesarias para defenderse en su futuro. En [26] se indica que:

*De igual forma el resultado nos lleva a pensar, que la actitud hacia las matemáticas esta proporcionada por el gusto o el agrado que el estudiante tenga hacia la disciplina, la confianza que tenga en su habilidad para las matemáticas.*

Por otro lado, puede comprender el sentido al hecho de haber estudiado esta asignatura. En el mismo estudio se valida la utilidad que un estudiante puede darle según el nivel de agrado que tenga hacia las matemáticas señalando que:

*La utilidad que el estudiante vea en esta disciplina en su futura vida profesional, además del sentimiento de miedo que el estudiante manifiesta ante las asignaturas y de las razones que impulsan al estudiante a aprender matemáticas.*

Ahora todos esto va relacionado con la actitud que el discente manifiesta frente a estudios relacionados con el desempeño en las habilidades matemáticas tanto en habilidades conceptuales, procedimentales, y actitudinales como en metacognitiva, además hay que contemplar las dimensiones que poseen las competencias matemáticas.

### **3. MÉTODO**

#### **3.1 Tipo de estudio**

El estudio se situó en un paradigma positivista, de tipo descriptivo donde su objetivo principal pretende analizar los aspectos motivacionales que inciden en la actitud hacia los aprendizajes relacionados al pensamiento lógico Matemático de los estudiantes.

Según [27] *un enfoque de investigación basado en el paradigma positivista caracterizado por su objetividad, deducción, control de variables, medición y generalización de resultados.* En este sentido la investigación se desarrolla en un marco metodológico cuantitativo. En [27] también se afirma que:

*Es importante mencionar que los procedimientos de una investigación cuantitativa son congruentes con el paradigma positivista: su visión del mundo, de la relación entre sujeto y objeto y la forma de proceder en el hacer la investigación.*

#### **3.2 Diseño de la investigación**

Se utilizó un diseño de estudio no experimental con un diseño transaccional [27]. Según estos autores si solamente se miden las variables de manera individual reportando estas mediciones entonces el diseño será descriptivo, y se aplicaron dos instrumentos, escala tipo Likert, esto permitirá conocer en detalle los factores motivacionales que inciden en la actitud hacia aprendizajes matemáticos en los estudiantes de educación infantil de Uniguajira.

#### **3.3 Instrumento**

Para cuantificar la asociación entre aspectos motivacionales y la actitud hacia aprendizajes matemáticos se adaptó el instrumento Inventario de Motivación hacia el Aprendizaje de las Matemáticas mostrada en la Tabla 1, la cual está compuesta de 47 preguntas, cuyo coeficiente de confiabilidad alfa de Cronbach 0,883, lo cual indica que el instrumento es bueno.



**Tabla 1.** Adaptación del Inventario de Actitud hacia la Matemática

Dimensión	Reactivo
Seguridad	P1: Siempre he sentido miedo por las matemáticas
	P8: Me cansé de las matemáticas por esto decida estudiar esta carrera
	P9: Tuve poca motivación por aprender las matemáticas
	P10: Creo que le tuve más miedo a mi profesor de matemáticas a la misma asignatura
	P11: Creo que estoy muy bien preparado en el área de las matemáticas
	P12: Mis hermanos (as) son mejores que yo en matemáticas
	P13: Yo aprendí bien las matemáticas en primaria, pero tuve dificultad en la secundaria
	P15: Para mí las matemáticas son muy difíciles no las puedo comprender
	P16: Si me dieran la oportunidad de sacar las matemáticas de las asignaturas importantes la eliminaría
	P19: La asignatura de Matemáticas se me da bastante mal
	P20: Estudiar o trabajar con las Matemáticas no me asusta en lo absoluto
	P24: Las Matemáticas es una de las asignaturas que más temo
	P25: Tengo confianza en mí mismo cuando me enfrento a un problema de matemáticas
	P29: Cuando me enfrento a un problema de Matemáticas, me siento incapaz de pensar con claridad
	P30: Estoy calmado y tranquilo cuando me enfrento a un problema matemático
	P32: Espero tener que utilizar poco la Matemáticas en mi vida profesional
	P33: Considero que existen otras asignaturas más importantes que las matemáticas para mi futura profesión
	P34: Trabajar con las Matemáticas hace que me sienta muy nervioso
	P39: Las Matemáticas hacen que me sienta incómodo y nervioso
Importancia	P2: Me siento muy feliz de realizar actividades de matemáticas
	P3: El profesor fue una me ayudó mucho para superar mis dificultades
	P4: Sinceramente no me gustan las matemáticas
	P5: El área de matemáticas es la más importante
	P6: A mis padres solo le preocupaba que yo ganara matemáticas
	P14: Creo que mis profesores no eran creativos en sus clases
	P18: Considero las Matemáticas como una materia muy necesaria en mis estudios
	P21: Utilizar las Matemáticas es una diversión para mí
	P26: Me divierte el hablar con otros de Matemáticas
	P31: Las Matemáticas son agradables y estimulantes para mí
	P36: Me gustaría tener una ocupación en la cual tuviera que utilizar las Matemáticas
	P37: Me provoca una gran satisfacción el llegar a resolver problemas Matemáticos
	P38: Para mi futuro profesional las Matemáticas es una de las asignaturas más importantes que tengo que estudiar
	P42: La materia que se imparte en las clases de Matemáticas es muy poco interesante
P43: Estoy estudiando licenciatura en educación infantil porque no me gusta las matemáticas	
P44: Me gustan las carreras que no tengan que ver con las matemáticas	
P47: Las matemáticas para mí son lo más importante que un estudiante debe aprender	
Utilidad	P22: La Matemática es demasiado teórica para que pueda servirme de algo
	P27: Las Matemáticas pueden ser útiles para el que se decida a realizar una carrera de ciencias, pero no para el resto de los estudiantes
Deseo de saber	P28: Tener buenos conocimientos de Matemáticas incrementará mis posibilidades de trabajo
	P7: Tenía la esperanza de ser la mejor en matemáticas
	P23: Quiero llegar a tener un conocimiento más profundo de las matemáticas
	P40: Si me lo propusiera creo que llegaría a dominar bien las Matemáticas
	P41: Si tuviera oportunidad me inscribiría en más cursos de Matemáticas de los que son obligatorios

La notación Pi simboliza el reactivo i, donde i es la numeración de la pregunta según se le presentó en la encuesta online. Las respuestas están en escala de Likert y corresponden a Totalmente en desacuerdo TD, En desacuerdo ED, Ni de acuerdo ni en desacuerdo I, De acuerdo DA y Totalmente de acuerdo TA. La encuesta fue realizada a través de dos formularios en línea durante las primeras clases del inicio del primer semestre del 2022, como una actividad diagnóstica los cuales se realizaron en dos momentos diferentes dada la cantidad de ítems del instrumento.

### 3.4 Muestra

En este estudio se utilizó el muestreo por conveniencia [28, 29], dado que la muestra estuvo compuesta por todos los miembros de la población. En este proceso participaron 26 estudiantes del género femenino y un

estudiante de género masculino, todos pertenecientes al cuarto semestre del programa de Licenciatura en Educación Infantil de la Universidad de La Guajira sede Maicao La Guajira Colombia, los cuales se encontraban cursando la asignatura de Didáctica de las Matemáticas.

Se incluyeron en el estudio participantes en el intervalo de edad de 18 A 27 años, con capacidad de lectura y escritura básica, géneros con 26 estudiantes femeninos y un estudiante masculino. estudios de secundaria culminados y estudiantes del cuarto semestre de Licenciatura en educación infantil de la universidad de la Guajira sede Maicao. La prueba estadística utilizada para analizar los datos fue ANOVA no paramétrico y la prueba de Games-Howell para *post-hoc*, el software estadístico fue el SPSS25.

En relación con el tema ético, se incluyó en la aplicación de la escala un consentimiento informado en el cual se les garantizó a los participantes el anonimato. Se señaló, también, que la participación era voluntaria y los resultados del estudio estaban orientados solo a fines científicos y educativos.

### 3.5 Variables de los estudiantes

Para este estudio se consideraron ocho factores de los estudiantes:

1. *Edad*: esta variable varía entre 18 y 27 años, medida en números enteros.
2. *Nivel educativo del padre*: variable de seis categorías, No aplica, Primaria, Secundaria, Técnico o tecnológico, Profesionales, Especializaciones o maestrías.
3. *Nivel educativo de la madre*: variable de seis categorías, No aplica, Primaria, Secundaria, Técnico o tecnológico, Profesionales, Especializaciones o maestrías.
4. *Estudios de la primaria y en el preescolar*: variable de tres categorías, Público, Mixto, Privado.
5. *Estudios de la secundaria*: variable de tres categorías, Público, Mixto, Privado.
6. *Cantidad de hermanos*: esta variable varía entre 0 y más de 5.
7. *Apoyo de los padres en actividades de matemáticas en la primaria*: variable con cinco categorías, No vivía con mis padres, No porque ellos tenían dificultad en matemáticas, Sí algunas veces me apoyaron, Sí me apoyaron bastante, Otras razones.
8. *Apoyo de los padres en actividades de matemáticas en la secundaria*: variable con cinco categorías, No vivía con mis padres, No porque ellos tenían dificultad en matemáticas, Sí algunas veces me apoyaron, Sí me apoyaron bastante, Otras razones.

No se ha considerado la variable género, porque de las 26 personas encuestadas solo una era hombre.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Análisis descriptivo

En esta sección se muestran los resultados relacionados con las distribuciones, en porcentaje, de las opiniones de los estudiantes en cada una de las sub-escalas de cada reactivo. La Tabla 2 muestra los resultados en la dimensión *Seguridad*, donde se pueden señalar aquellos porcentajes que arrojaron resultados del 50% o más, como en el caso del Reactivo P8: Me cansé de las matemáticas por esto decida estudiar esta carrera, donde el 57,7% dijo estar totalmente en desacuerdo.

Por otra parte, en los reactivos P11: Creo que estoy muy bien preparado en el área de las matemáticas, P20: Estudiar o trabajar con las Matemáticas no me asusta en lo absoluto, P25: Tengo confianza en mí mismo cuando me enfrento a un problema de matemáticas; entre el 50% y más del 50% se encuentran indecisos frente a cada uno de estos reactivos, se puede observar que un porcentaje de los encuestados, aunque consideran que las matemáticas no son cansonas, es amplio el porcentaje que tampoco se encuentra seguro de sus conocimientos matemáticos.

**Tabla 2.** Distribución de opiniones por reactivo de la dimensión Seguridad

Reactivo	TD	ED	I	DA	TA
P1: Siempre he sentido miedo por las matemáticas.	30,8%	23,1%	30,8%	11,5%	3,8%
P8: Me cansé de las matemáticas por esto decida estudiar esta carrera.	57,7%	23,1%	3,8%	15,4%	0%
P9: Tuve poca motivación por aprender las matemáticas.	23,1%	26,9%	23,1%	23,1%	3,8%
P10: Creo que le tuve más miedo a mi profesor de matemáticas a la misma asignatura.	26,9%	30,8%	15,4%	19,2%	7,7%
P11: Creo que estoy muy bien preparado en el área de las matemáticas.	11,5%	26,9%	57,7%	3,8%	0,0%
P12: Mis hermanos (as) son mejores que yo en matemáticas.	11,5%	26,9%	26,9%	15,4%	19,2%
P13: Yo aprendí bien las matemáticas en primaria, pero tuve dificultad en la secundaria.	15,4%	19,2%	19,2%	38,5%	7,7%
P15: Para mí las matemáticas son muy difíciles no las puedo comprender.	23,1%	30,8%	34,6%	11,5%	0%
P16: Si me dieran la oportunidad de sacar las matemáticas de las asignaturas importantes la eliminaría.	42,3%	26,9%	15,4%	3,8%	11,5%
P19: La asignatura de Matemáticas se me da bastante mal.	11,5%	38,5%	30,8%	15,4%	3,8%
P20: Estudiar o trabajar con las Matemáticas no me asusta en lo absoluto.	7,7%	3,8%	57,7%	11,5%	19,2%
P24: Las Matemáticas es una de las asignaturas que más temo.	26,9%	26,9%	19,2%	7,7%	19,2%
P25: Tengo confianza en mí mismo cuando me enfrento a un problema de matemáticas.	11,5%	7,7%	50%	15,4%	15,4%
P29: Cuando me enfrento a un problema de Matemáticas, me siento incapaz de pensar con claridad.	23,1%	30,8%	34,6%	3,8%	7,7%
P30: Estoy calmado y tranquilo cuando me enfrento a un problema matemático.	7,7%	19,2%	38,5%	23,1%	11,5%
P32: Espero tener que utilizar poco la Matemáticas en mi vida profesional.	23,1%	26,9%	23,1%	15,4%	11,5%
P33: Considero que existen otras asignaturas más importantes que las matemáticas para mi futura profesión.	34,6%	30,8%	26,9%	3,8%	3,8%
P34: Trabajar con las Matemáticas hace que me sienta muy nervioso.	26,9%	26,9%	30,8%	15,4%	0%
P39: Las Matemáticas hacen que me sienta incómodo y nervioso.	23,1%	23,1%	26,9%	23,1%	3,8%
P45: Deseo estudiar una carrera que no tenga en su pensum las matemáticas.	34,6%	42,3%	15,4%	0%	7,7%
P46: Las matemáticas me generan mucho estrés.	23,1%	30,8%	30,8%	11,5%	3,8%

En Tabla 3 se muestran los resultados relacionados con las distribuciones de opiniones de la dimensión *Importancia*, donde se puede observar que para el reactivo P2: Me siento muy feliz de realizar actividades de matemáticas. El 53,8% de los encuestados se encuentra indeciso, dando a entender que las matemáticas no les producen felicidad. Sin embargo, en el reactivo P5: El área de matemáticas es la más importante. El 57,7% están de acuerdo que las matemáticas son importantes, y otro porcentaje igual se encuentra totalmente en desacuerdo del reactivo P43: Estoy estudiando licenciatura en educación infantil porque no me gusta las matemáticas. Se puede evidenciar que para los encuestados las matemáticas son importantes, no obstante, no tienen un nivel alto de importancia para ellos.

**Tabla 3.** Distribución de opiniones por reactivo de la dimensión Importancia

Reactivo	TD	ED	I	DA	TA
P2: Me siento muy feliz de realizar actividades de matemáticas.	7,7%	7,7%	53,8%	26,9%	3,8%
P3: El profesor fue una me ayudó mucho para superar mis dificultades.	7,7%	15,4%	30,8%	38,5%	7,7%
P4: Sinceramente no me gustan las matemáticas.	30,8%	23,1%	34,6%	7,7%	3,8%
P5: El área de matemáticas es la más importante.	0,0%	7,7%	23,1%	57,7%	11,5%
P6: A mis padres solo le preocupaba que yo ganara matemáticas.	34,6%	30,8%	11,5%	19,2%	3,8%
P14: Creo que mis profesores no eran creativos en sus clases.	19,2%	19,2%	26,9%	30,8%	3,8%
P18: Considero las Matemáticas como una materia muy necesaria en mis estudios.	7,7%	0,0%	26,9%	30,8%	34,6%
P21: Utilizar las Matemáticas es una diversión para mí.	23,1%	26,9%	30,8%	11,5%	7,7%
P26: Me divierte el hablar con otros de Matemáticas.	19,2%	15,4%	46,2%	7,7%	11,5%
P31: Las Matemáticas son agradables y estimulantes para mí.	11,5%	30,8%	42,3%	11,5%	3,8%
P36: Me gustaría tener una ocupación en la cual tuviera que utilizar las Matemáticas.	7,7%	26,9%	42,3%	15,4%	7,7%
P37: Me provoca una gran satisfacción el llegar a resolver problemas Matemáticos.	11,5%	3,8%	26,9%	30,8%	26,9%
P38: Para mi futuro profesional las Matemáticas es una de las asignaturas más importantes que tengo que estudiar.	3,8%	3,8%	34,6%	26,9%	30,8%
P42: La materia que se imparte en las clases de Matemáticas es muy poco interesante.	23,1%	46,2%	23,1%	7,7%	0,0%
P43: Estoy estudiando licenciatura en educación infantil porque no me gusta las matemáticas.	57,7%	15,4%	19,2%	0,0%	7,7%
P44: Me gustan las carreras que no tengan que ver con las matemáticas.	30,8%	23,1%	34,6%	7,7%	3,8%
P47: Las matemáticas para mí son lo más importante que un estudiante debe aprender.	3,8%	11,5%	11,5%	42,3%	30,8%

En la Tabla 4 se exhiben resultados en la dimensión *Utilidad*, para esta distribución que solo tiene tres reactivos podemos observar a un porcentaje alto de encuestados en total desacuerdo con el P22: La

Matemática es demasiado teórica para que pueda servirme de algo, y del P27: Las Matemáticas pueden ser útiles para el que se decida a realizar una carrera de ciencias, pero no para el resto de los estudiantes, más sin embargo no llegan a sobrepasar al 50% lo que da a entrever que para estos dos reactivos se encuentran las opiniones divididas. Por otro lado, un gran porcentaje de los encuestado considera estar totalmente de acuerdo en el reactivo P28: Tener buenos conocimientos de Matemáticas incrementará mis posibilidades de trabajo, esto indica que gran parte de los encuestados tiene claridad de la utilidad de los conocimientos matemáticos.

**Tabla 4.** Distribución de opiniones por reactivo de la dimensión Utilidad

Reactivo	TD	ED	I	DA	TA
P22: La Matemática es demasiado teórica para que pueda servirme de algo.	34,6%	23,1%	3,8%	19,2%	19,2%
P27: Las Matemáticas pueden ser útiles para el que se decida a realizar una carrera de ciencias, pero no para el resto de los estudiantes.	46,2%	26,9%	23,1%	3,8%	0,0%
P28: Tener buenos conocimientos de Matemáticas incrementará mis posibilidades de trabajo.	3,8%	3,8%	19,2%	26,9%	46,2%

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la dimensión *Deseo de saber*, donde se observa que para el P7: Tenía la esperanza de ser la mejor en matemáticas se encuentra una indecisión por parte del 38,5% de los encuestados, y para el P23: Quiero llegar a tener un conocimiento más profundo de las matemáticas. Hay un gran porcentaje que desea tener conocimientos profundos acerca de las matemáticas otro alto porcentaje está totalmente de acuerdo con el reactivo P40: Si me lo propusiera creo que llegaría a dominar bien las Matemáticas, dando a entender que es un problema de actitud el no poder dominarla. Sin embargo, más del 30% presentan indecisión en el P41: Si tuviera oportunidad me inscribiría en más cursos de Matemáticas de los que son obligatorios.

**Tabla 5.** Distribución de opiniones por reactivo de la dimensión Deseo de saber

Reactivo	TD	ED	I	DA	TA
P7: Tenía la esperanza de ser la mejor en matemáticas.	7,7%	7,7%	38,5%	30,8%	15,4%
P23: Quiero llegar a tener un conocimiento más profundo de las matemáticas.	3,8%	0,0%	19,2%	11,5%	65,4%
P40: Si me lo propusiera creo que llegaría a dominar bien las Matemáticas.	3,8%	3,8%	11,5%	26,9%	53,8%
P41: Si tuviera oportunidad me inscribiría en más cursos de Matemáticas de los que son obligatorios.	11,5%	26,9%	30,8%	19,2%	11,5%

## 4.2 Análisis inferencial

Dado que las variables consideradas en esta investigación son de tipo categóricas, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis al 95% de confianza. En la Tabla 6, para aquellos factores que mostraron diferencias significativas basados en el valor de p (menor a 0,05), se realizaron las pruebas comparativas Games-Howell para las categorías.

**Tabla 6.** Factores cuyo p valor fue inferior a 0,05

Factor	Reactivo	p valor	Dimensión
Nivel educativo	Padre	P17	0,032 Seguridad
	Madre	P42	0,045 Importancia
Tipo de colegio	Primaria	P19	0,042 Seguridad
	Secundaria	P20	0,033 Seguridad
Número de hermanos		P6	0,011 Importancia
		P33	0,049 Seguridad
Apoyo de los padres en actividades matemáticas	En primaria	P18	0,015 Importancia
		P20	0,011 Seguridad
	En secundaria	P28	0,034 Utilidad
		P40	0,029 Deseo de saber
Número de hermanos		P5	0,013 Importancia
		P21	0,033 Importancia
		P25	0,001 Seguridad
		P37	0,048 Importancia
Número de hermanos		P44	0,03 Importancia
		P47	0,014 Importancia

En la Tabla 7 se muestra los resultados obtenidos en las pruebas post-hoc Games-Howell, donde se indican unas columnas de comparación y se observan los grupos que tienen una mejor opinión, por ejemplo, Los estudiantes cuyos padres tienen especializaciones o maestrías tienen una mejor opinión con respecto a los estudiantes cuyos padres solo tienen primaria del reactivo P17: Si eres un o una estudiante que presento dificultad en el área de las matemáticas. ¿En qué grado empezaste a tener esta dificultad? También al comparar para los mismos grupos de Especializaciones o maestrías con primaria con respecto a las opiniones sobre la P42: La materia que se imparte en las clases de Matemáticas es muy poco interesante se pudieron observar opiniones más positivas del primer grupo con respecto al segundo.

**Tabla 7.** Resultados de la prueba post-hoc Games-Howell

Factor	Grupos de comparación	Reactivo	Lím inferior	Lím superior	
Nivel educativo	Padre	Especializaciones o maestrías con primaria	P17	0,08	0,89
		Profesional con primaria	P17	0,12	0,65
	Madre	Profesional con primaria	P42	0,05	0,45
		Técnico con primaria	P42	0,35	0,98
Tipo de colegio	Primaria	Privado con público	P19	0,45	0,97
		Privado con público	P20	0,13	0,56
	Secundaria	Privado con público	P6	0,21	0,45
Número de hermanos	Más de 5 con 0 hermanos	P33	0,73	1,1	
	Más de 5 con 2 hermanos	P33	0,63	1,12	
Apoyo de los padres en actividades matemáticas	En primaria	Sí, me apoyaron bastante con no vivía con mis padres	P18	0,15	1,24
		Sí, me apoyaron bastante con no vivía con mis padres	P20	0,12	0,84
		Sí, me apoyaron bastante con no vivía con mis padres	P28	0,03	0,65
	En secundaria	Sí, me apoyaron bastante con no vivía con mis padres	P40	0,27	1,1
		Sí, a veces me apoyaron con no vivía con mis padres	P5	0,55	0,93
		Sí, a veces me apoyaron con no vivía con mis padres	P21	0,19	0,55
		Sí, a veces me apoyaron con no vivía con mis padres	P25	0,08	0,43
		Sí, a veces me apoyaron con no vivía con mis padres	P37	0,1	0,81
		Sí, a veces me apoyaron con no vivía con mis padres	P44	0,35	0,77
		Sí, a veces me apoyaron con no vivía con mis padres	P47	0,41	0,91

## 5. CONCLUSIONES

Es importante tener en cuenta que los estudiantes ya tienen sus propias creencias y emociones infundadas de cierta forma por las creencias de su cultura o la sociedad donde se encuentran, influyen la formación que poseen sus padres o progenitores, el potencial cognitivo del estudiante, sus intereses, sus diversos estilos de aprendizajes, la institución educativa, la motivación externa e interna que el posee, su ambiente de estudio, y por supuesto la participación de su profesor, el concepto que tienen sus amigos y compañeros de estudios a cerca de las matemáticas, e inclusive las creencias que tienen aún sus propios profesores, y que al momento de hacer un diagnóstico de sus aprendizajes serán un insumo de gran valor para determinar cómo ayudarlos a superar sus dificultades en el área de las matemáticas.

Los factores motivacionales asociados con la actitud que los estudiantes tienen hacia los aprendizajes relacionados con las matemáticas, despiertan y hacen crecer en ellos apatía, fobia o miedo por las matemáticas, generando inseguridades, tanto a nivel social como a nivel personal, donde tratar de entenderla los hace infelices, y a pesar que tiene claro que es un área importante para el crecimiento de su vida personal y profesional, no le dan un nivel alto de importancia al momento de interactuar con sus conocimientos.

En este sentido se debe enfocar este estudio de actitudes hacia las matemáticas a través de la búsqueda de herramientas que favorezcan la solución de las dificultades, a través de la práctica de aula, aplicar diversos enfoques didácticos, para dar respuestas a las necesidades de los estudiantes, usar métodos de evaluación eficaces, que permitan intervenir a los estudiantes en diversas situaciones de acuerdo a su contexto, y a sus necesidades, así como encontrar múltiples estrategias para que ningún estudiante se quede sin obtener los aprendizajes esperados, entonces para que todo esto se pueda llevar a cabo es necesario luchar incansablemente contra la desmotivación del estudiante. Por lo tanto, surgen las siguientes interrogantes: ¿Cómo se puede motivar a mis estudiantes en mis clases de matemáticas? ¿Qué es una clase motivada? ¿Cómo se puede hacer clases de matemáticas motivantes?

Finalmente, este estudio pretende ser aporte a futuras investigaciones e indagaciones sobre la actitud hacia alguna determinada ciencia, ya que el instrumento presentado puede ser adaptado según el investigador y los análisis de datos pueden ser replicados, para encontrar posibles soluciones a los factores que influyen en el aseguramiento de los aprendizajes de los estudiantes, donde prima conocer la importancia de las actitudes hacia una asignatura en particular ya que puede influir de diferentes maneras en ese aprendizaje, y permitirá encontrar herramientas, estrategias o recursos necesarios para que el rendimiento final pueda ser lo más adecuado posible.

## REFERENCIAS

- [1] Pineda D. (2009). Las matemáticas en nuestro mundo cotidiano. *Revista Digital Universitaria* 10, 1-8.
- [2] Fernández S. (2016). Evidencias de fobia, miedo o rechazo hacia la matemática en estudiantes de décimo año del colegio El Carmen de Alajuela. Documento de trabajo.
- [3] Soriano M. (2001). La motivación, pilar básico de todo tipo de esfuerzo. *Revista de relaciones laborales* 9, 163-184.
- [4] González R. et al. (1996). Una aproximación teórica al concepto de metas académicas y su relación con la motivación escolar. *Psicothema* 8, 45-61.
- [5] Mato M. y de la Torre E. (2009). Evaluación de las actitudes hacia las matemáticas y el rendimiento académico. Alfa.
- [6] Félix A. (2015). Influencia de la motivación en el rendimiento académico de primer año de los estudiantes de las carreras de ingeniería en sistemas computacionales, ciencias de la comunicación, administración de empresas y gastronomía de una universidad privada de México. Trabajo de grado. Tecnológico de Monterrey.
- [7] Elías R. (2017). Motivación y rendimiento académico en el área de matemática de los estudiantes de secundaria de la institución educativa industrial Estados Unidos. Comas-2016. Trabajo de grado. Universidad César Vallejo.
- [8] Auzmendi E. (1991). Evaluación de las actitudes hacia la estadística en estudiantes universitarios y factores que las determinan. Tesis doctoral. Universidad de Deusto.
- [9] Alegre Y. (2018). Motivación y aprendizaje en el área de matemática en los estudiantes del sexto grado, IE N° 20351-Sayán 2017. Trabajo de grado. Universidad César Vallejo.
- [10] Martínez J. y Galán F. (2000). Estrategias de aprendizaje, motivación y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Undergraduate students learning strategies, motivation and academic performance*. Revista Española de orientación y psicopedagogía 19, 35-50.
- [11] Broc M. (2006). Motivación y rendimiento académico en estudiantes de educación secundaria obligatoria y bachillerato LOGSE. *Revista de educación* 340, 379-414.
- [12] Harter S. y Pike R. (1984). The pictorial scale of perceived competence and social acceptance for young children. *Child development* 55, 1969-1982.
- [13] Baños R. et al. (2017). Satisfacción, motivación y rendimiento académico en estudiantes de secundaria y bachillerato: antecedentes, diseño, metodología y propuesta de análisis para un trabajo de investigación. *Revista Digital del centro del Profesorado Cuevas-Olula* 10, 40-50.
- [14] Castro P. et al. (2012). Teorías subjetivas de profesores sobre la motivación y sus expectativas de éxito y fracaso escolar. *Educación* 46, 159-172.
- [15] Tojo C. et al. (2011). Habilidades matemáticas y verbales: diferencias de género en una muestra de 6° de primaria y 1° de eso. *Revista de altas capacidades* 14, 14-26.
- [16] Araya R. (2012). ¿Equidad de género en la enseñanza de las Matemáticas? *Revista Electrónica Educare*, 16, 63-78.
- [17] Stadler M. et al. (2020). Igualdad de género en el ámbito de las matemáticas. *Omega*.
- [18] Betancur M. (2014). ¿El género en las matemáticas? Un análisis de los resultados de las olimpiadas matemáticas. *Escenarios* 12, 7-16.
- [19] Erazo J. y Aldana E. (2015). Sistema de creencias sobre las matemáticas en los estudiantes de educación básica. *Praxis* 11, 163-169.
- [20] Felicetti V. y Robayo A. (2016). Didáctica y pensamiento matemático en educación infantil. *Educação por Escrito* 7, 253-262.
- [21] Ryan R. y Deci E. (2000). La Teoría de la autodeterminación y la facilitación de la motivación intrínseca, el desarrollo social, y el bienestar. *American Psychologist* 55, 68-78.
- [22] Llanga E. et al. (2019). Motivación extrínseca e intrínseca en el estudiante. *Atlante Cuadernos de Educación y Desarrollo*.
- [23] Flores W. y Auzmendi E. (2018). Actitudes hacia las matemáticas en la enseñanza universitaria y su relación con las variables género y etnia. *Revista de currículum y formación del profesorado* 22, 231-248.
- [24] Gómez I. (2000). Matemática social. Los afectos en el aprendizaje matemático. *Omega*.
- [25] Auzmendi E. (1992). Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitarias. *Mensajero*.
- [26] Rojas C. et al. (2017). Motivación, ansiedad, confianza, agrado y utilidad. Los factores que explican la actitud hacia las matemáticas en los estudiantes de Economía. *International Journal of Developmental and Educational Psychology* 2, 527-540.
- [27] Valenzuela J. y Flores M. Fundamentos de investigación educativa. Magisterio.
- [28] Casal J. y Mateu E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, 1, 3-7.
- [29] López P. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto cero* 9, 69-74.

# Análisis de la apreciación del efecto del absentismo con el rendimiento escolar de estudiantes colombianos de secundaria

José Henry Plazas Guio<sup>1</sup>

Francisco Javier Cartes Arenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institución Educativa Municipal José Celestino Mutis, Colombia*

<sup>2</sup> *Universidad Arturo Prat, Chile*

El presente estudio está orientado a la comprensión de algunos procesos de desarrollo institucional, puesto que se hace la observación de una posible relación causal entre dos fenómenos en los estudiantes: alto nivel de absentismo y bajo rendimiento académico, que pueden estar generando tendencias negativas en indicadores de cobertura de matrícula en la institución Educativa La Magdalena en Quebrada Negra, Colombia, entre 2017 y 2019. La temática central del estudio es la relación causal entre el absentismo y el rendimiento académico en los estudiantes de educación básica secundaria y media técnica, teniendo en cuenta que guardan una relación directa con el desarrollo institucional, sobre los cuales se debe realizar la respectiva gestión estratégica. La importancia de este trabajo en el área de desarrollo institucional está representada por la necesidad de gestionar las instituciones educativas a partir de la observación de indicadores y el planteamiento de objetivos estratégicos, que aseguren la permanencia de la institución.

---

<sup>1</sup> Magíster en Gestión e Innovación de Instituciones Educativas. Contacto: [coorherry.12@gmail.com](mailto:coorherry.12@gmail.com)

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)



## 1. INTRODUCCIÓN

Algunos de los Indicadores de desarrollo institucional se presentan y miden de acuerdo con la cantidad de estudiantes que se matriculan durante el año lectivo, mientras que otros se derivan del mismo punto hacia un ítem en particular, por ejemplo, la cobertura: los estudiantes que efectivamente finalizan el año escolar en su respectivo grado. En el caso del presente estudio y para su análisis, en la Tabla 1 se exponen los Indicadores de cobertura y rendimiento académico.

**Tabla 1.** Indicadores de cobertura y rendimiento académico

Indicadores	Períodos analizados		
	2017	2018	2019
Matrícula	801	836	913
Aprobados	646	642	624
Reprobados	72	69	83
Desertores	23	7	24
Retirados	69	118	182

Así pues, es frecuente que de la observación de estos indicadores, se plantee la hipótesis: el absentismo, la deserción y el retiro de los estudiantes en el transcurso del año escolar, sean una consecuencia directa de su progresivo bajo rendimiento; ya que, generalmente, tanto los estudiantes como sus acudientes optan por el camino del abandono de la actividad escolar, o a cambiar el modo de educación o de institución, como estrategia de solución al muy probable fracaso escolar por bajo rendimiento; quedando así planteado el problema sobre los efectos del absentismo escolar y su relación con el rendimiento académico en la Institución Educativa Municipal José Celestino Mutis de Fusagasugá, Colombia, entre 2017 y 2019.

Por lo tanto, la presente investigación se circunscribe a la pregunta: ¿Cuáles son los efectos del absentismo escolar sobre el rendimiento académico en la Institución Educativa Municipal José Celestino Mutis de Fusagasugá entre los años 2017 y 2019? A partir de esta pregunta surge el objetivo general:

- Analizar la apreciación de apoderados, estudiantes y cuerpo directivo sobre el absentismo escolar y sus efectos en el rendimiento académico en estudiantes de la Institución Educativa Municipal José Celestino Mutis de Fusagasugá.

Para lo cual se hace necesario cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Identificar el absentismo a clases de los estudiantes de los niveles de básica y secundaria media técnica.
- Determinar la opinión sobre las consecuencias del absentismo escolar.
- Establecer la relación entre el absentismo y el bajo rendimiento de los niveles de básica secundaria y media técnica.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

Los estudios que se han realizado con respecto a la relación del absentismo y el rendimiento académico son de enfoques variados, tales como cuantitativos, descriptivos, correlacionales y algunos que se han basado en revisión de la literatura existente frente al objeto de investigación. En estas investigaciones se han involucrado los diferentes sujetos participantes de la comunidad educativa: desde los estudiantes, los profesores y directivos docentes, los padres de familia, los cuidadores y en algunos casos se han vinculado las instituciones del estado que tienen que ver con el servicio educativo, en tanto que es de su competencia directa, la administración, el seguimiento y control de la ejecución de las políticas públicas en educación.

Se han tomado experiencias y estudios de Colombia, Chile, México y algunas referencias conceptuales del proceso en España. La relación con la investigación que se desarrolla está dada a nivel de referentes teóricos, soportes de experiencias específicas en contextos similares a la institución objeto de análisis. Partiendo de la observación de este fenómeno, se han definido tres puntos de referencia, con el fin de delimitar el problema en cuestión, con parámetros específicos:

1. En un primer lugar, dada la diversidad de definiciones que se generan en las comunidades sobre la situación de la ausencia parcial o frecuente a la jornada escolar habitual, bien sea intermitente o continua, con las cuales se tipifica la conducta del estudiante absentista, para poder tener claridad a la hora de interpretarlo y trazar estrategias para afrontarlo, se hace necesario partir de un concepto concreto del absentismo escolar, como el citado en [1].
2. En segundo lugar, se hace necesario, comprender la relación entre variables intervinientes en el fenómeno del Absentismo, para lo cual se han de presentar algunos referentes teóricos o temáticos de investigación que faciliten el desarrollo de la tarea investigativa; los cuales van desde el ejercicio de gestionar una acción preventiva hasta un ejemplo de los efectos de este sobre el quehacer institucional y su respectiva propuesta de gestión. Razón por la cual, se citan brevemente algunos referentes temáticos consultados.

En la propuesta pedagógica hecha como trabajo de grado [2] se postula la necesidad de sensibilizar a algunos miembros de la comunidad educativa sobre las situaciones particulares de la cotidianidad de la escuela que atañen al fenómeno del Absentismo escolar, como una acción preventiva, pero que en sí también se puede interpretar como herramienta de gestión para la disminución del mismo. El análisis presentado sobre el absentismo escolar donde expone su relación con el desarrollo social y la implementación de políticas públicas, dejando en claro la relevancia de su comprensión, manejo y gestión en aras de avanzar a nivel particular institucional y de la comunidad circundante [3].

En cuanto a las diferentes opciones de comprensión y manejo de estrategias, que los investigadores proponen para el fortalecimiento del proceso de permanencia y reinserción en la escolaridad, se encuentra un artículo de revisión documental donde se hace referencia al tema de investigación en cuestión como una problemática general y la singularidad de procesos de afrontamiento del mismo, dada la diversidad de contextos, presentado como: Buenas prácticas en medidas y programas para jóvenes desenganchados de lo escolar [4].

En cuanto a la posibilidad de hallar una correlación inmediata a modo de asociación causal, entre dos elementos presentes en el desarrollo institucional: el absentismo y el rendimiento académico, se retoma un análisis de los factores que inciden en el rendimiento escolar de los estudiantes de básica secundaria; pues al hacer una referencia a un problema estructural, examinan los dos fenómenos en interdependencia válida, trabajo que se encuentra ubicado en el repositorio digital de la Universidad Cooperativa de Colombia, por lo cual se hace más comprensible y cercano al contexto donde se va a desarrollar la investigación [5].

En cuanto a los factores sociales y culturales determinantes a la hora de generar un proceso de deserción escolar en su institución, los investigadores presentan al absentismo y el rendimiento académico, entre otros elementos, como hechos concomitantes, a nivel de contexto educativo, al hacer un análisis de su incidencia en forma de indicadores [6].

En este punto, se presenta como referente un trabajo de grado con una visión particular de la relación entre la cultura institucional y el fenómeno de la deserción, bajo un modelo de posterior a la primaria, que encaja como referente temático en esta investigación, por cuanto hace énfasis en otro tipo de factores asociados al fenómeno en cuestión, ya que conduce a deducir un imperativo urgente sobre la cuestión de la organización institucional y el desarrollo de tareas desde la gestión estratégica que intervengan el problema, desde sus factores [7].

3. En tercer lugar, es obvio, que además de delimitar e intentar comprender el problema, surge la posibilidad de analizar estrategias propuestas para la gestión de este. En este punto del problema de investigación, se requiere un referente primario necesario, que aporte el fundamento racional e instrumental al desarrollo de la institución.

En este punto es válido, tener en cuenta la tesis de maestría [8] sobre el desarrollo de actividades motivadoras para disminuir la deserción escolar, puesto que en él hacen un ordenamiento claro a modo de

síntesis del tema de la deserción escolar, a través del desglose de conceptos y autores que se constituyen en referentes obligados.

En cuanto a la comprensión de los diversos y múltiples factores o causas del absentismo, considero que se deben tener en cuenta las siguientes ideas que indican las variables observables a la hora de analizarlo y así generar propuestas de intervención para su prevención, manejo y corrección.

Es válido para algunos investigadores, señalar que las dimensiones o causas que intervienen en el bajo rendimiento académico y por ende en el fracaso escolar, son hechos reales como se aprecian en la Tabla 2, determinados por múltiples elementos [9].

**Tabla 2.** Factores asociados a los logros educativos en la escuela

Indicadores alterables	Indicadores no alterables
Características de la escuela	Estrato socio económico de los padres
Características del profesor	Tipo, tamaño e ingreso de la familia
Prácticas pedagógicas	Edad de los padres
Administración de la escuela	Disponibilidad de libros y medios de comunicación
Experiencia y salud de los estudiantes	Edad y sexo del estudiante

Es así, que se formula la premisa común frecuentemente analizada, de que los efectos de un bajo rendimiento académico que implican la reprobación o pérdida de un año escolar se podrían asociar como antecedente a la deserción escolar, pues:

*La repetición y el atraso escolar... van unidos a un bajo nivel de aprendizaje de los contenidos básicos de la enseñanza, y conspiran contra el aprovechamiento del potencial de los niños desde temprana edad, sin contar las repercusiones en el desarrollo socioeconómico a futuro, de sus familias.*

No en vano se considera que una persona que no alcanza cierto nivel de formación básico en la escuela, incluida la razón primaria de su escolarización:

*La progresiva y permanente inserción en la sociedad desde la misma, pues no alcanza una preparación mínima que les permita vivir de forma autónoma en la sociedad, encontrar un trabajo, organizarse de manera independiente y comportarse de forma cívica, responsable y tolerante [9].*

En cuanto a la discusión sobre la causalidad o los efectos diversos del absentismo sobre el rendimiento académico de los estudiantes, es oportuno tener en cuenta algunos puntos de inflexión, a los que llegan los investigadores del tema, dado que los consideran subyacentes a tales problemáticas. Por eso los presento a continuación a modo de ejemplo: historial de absentismo o problemas disciplinarios, presentar estado de privación socio afectiva y problemas de maltrato, pertenecer a un hogar con tres o más niños menores de 5 años, situación asociada a situaciones de pobreza o familias monoparentales, ser un niño frecuentemente enfermo, situación que se asocia generalmente a la socioeconómica de sus progenitores.

Estos apuntes presentados por los investigadores en el artículo [9], se relacionan bien sea en forma individual o conjunta, con el hecho de ver disminuida la capacidad de retención del estudiante en la escuela, si bien se entiende el hecho de abandonar la escuela como consecuencia del denominado fracaso escolar o bajo rendimiento académico. Siendo una situación de obligatoria comprensión en la gestión institucional, para entender su participación en la gestión de este, desde su prevención hasta su corrección.

Precisamente, sobre la importancia de generar planes de prevención y atención frente a la inasistencia de los estudiantes, se denota que la preocupación va más allá de las escuelas, porque se señala la necesidad de considerar su formulación y ejecución como el deber ser de una tarea urgente, por los efectos que tiene sobre las familias y los pueblos, sus oportunidades de desarrollo; hecho recalcado por los investigadores en [10], de que el absentismo escolar puede perjudicar el desarrollo de la infancia y la adolescencia, no solo en el ámbito educativo sino también el social, como primer e inmediato efecto negativo en, desde y hacia la comunidad.

De la misma forma, se cree que el ambiente sociocultural tiene una relación directa con el rendimiento académico, dado que se asocia por ejemplo en una familia monoparental:

*El nivel educativo de la madre, con menores ingresos, pues es esta el agente socializador fundamental, quien transmite al niño su nivel cultural por medio del lenguaje y su relación afectiva... es así como la instrucción de la madre es una medida del capital cultural del que dispone la familia [11].*

Según el estudio referido por los investigadores, indica que entre menor sea el grado de formación académica de la madre cabeza de hogar, se configura la reducción del avance escolar de sus hijos. Aspecto crítico que permite inferir por conocimiento cercano del contexto institucional, que en buena medida los procesos educativos de los estudiantes van atravesados por el discurso, las actitudes y la acción del cuidador primario; percepción que puede considerarse discriminatoria por razones de género, pero evidente al fin y al cabo en la cotidianidad de nuestras escuelas. Ejemplo de la idea previa es lo expuesto por el investigador que enuncia:

*Es así como la instrucción de la madre es una medida – para algunos- del capital cultural que dispone la familia. Hipótesis que tiene un enorme potencial explicativo, pues pocos años de estudio de la madre se asociarían con menor logro escolar de los niños [9].*

En cuanto a estudios o investigaciones sobre uno de los fenómenos generados en parte por el absentismo y sus efectos sobre el rendimiento académico: la deserción; retomo el artículo [12], dado que engloba en buena medida las variables a desarrollar en la presente investigación, al hacer referencia a factores extraescolares e intra-escolares, situaciones causantes de la deserción, el bajo rendimiento académico o la conjunción de las dos, que en el contexto de su desarrollo, es muy similar a la circunstancia objeto de investigación. Un asunto que es reiteradamente citado frente al bajo rendimiento académico y posterior fracaso escolar, como:

*Un factor que se asocia directamente a la situación socioeconómica familiar es el nivel educativo de los padres. Algunos trabajos afirman que en gran medida los progenitores de los desertores tampoco han terminado, por tanto, existe una relación entre su nivel de estudios y la deserción de sus hijos [13].*

Lo que podría interpretarse, parafraseando al mismo autor como un estereotipo o modelo a seguir según la proyección de esta en las familias, que termina consolidando el carácter generacional de la pobreza y el consecuente escaso desarrollo social.

Por lo tanto, se resalta que las nociones presentadas, explican la repercusión del absentismo y la posterior deserción junto al bajo rendimiento académico en las familias, como causa o consecuencia, ya que, entendidos en forma colectiva o por separado, antecedentes o fenómenos de reacción en cadena hacia donde se deben dirigir los esfuerzos de los gobernantes para darles solución efectiva a través de las políticas públicas educativas y de inversión social.

Ahora bien, ampliando las dos ideas previas, el investigador considera que si bien no en su totalidad, pero sí en parte, los efectos nocivos del deficiente rendimiento académico que llevan al fracaso escolar, son consecuencia del sistema educativo y por tanto encuentra: *produce generalmente un absentismo puntual y lleva al abandono prematuro del sistema, posiblemente seguido por una inserción laboral temprana [9].* Esta reflexión se puede sustentar al citar la hipótesis de los investigadores chilenos [13, 14], señalan diversas razones según el grupo estadístico o quintil en el que son clasificados así:

- 50% de los que desertan en los primeros quintiles argumentan razones personales, en contraste con los quintiles más altos supera el 40%.
- En los quintiles I y II, la razón que exponen según los investigadores el 14% y 7%, de dicha población para abandonar los estudios está asociada a motivos económicos.
- Este porcentaje anterior presenta un notable aumento en otra parte de la población, se refleja en el tercer punto que indica que al llegar a los quintiles III y IV, alcanza el 18% y 33%, que indica en forma concluyente que, para la mayoría de los desertores, la causa de su decisión está asociada a factores personales más que a asuntos de índole económico.

Ahora bien, en el mismo artículo aparecen otras variables como: el trabajo infantil, el embarazo adolescente, elementos asociados a la pobreza y el acoso escolar [13, 14]. Pero al profundizar en el análisis del mismo se recalca la importancia que se le debe dar a la interpretación a aquellos factores que inciden por sí solos o

en conjunto en el fracaso escolar, más allá de los económicos y familiares, que tienen que ver con la educación y la escuela, como las problemáticas en la convivencia con profesores y compañeros.

Ampliando el tema anterior, las relaciones entre el absentismo y el rendimiento académico, consideran algunos investigadores [12], pueden estar mediadas por *la violencia como factor determinante en el desempeño escolar*, que tiene varias connotaciones por sus efectos nocivos a nivel físico emocional, etc., que terminan siendo determinantes del descenso en el rendimiento escolar. Esto en lo que bien podría entenderse como efectos del conflicto por la relación desigual entre pares.

Pero anexo a lo anterior, se propone también analizar el efecto nocivo de las dificultades en las relaciones entre profesores y estudiantes, desde cada protagonista. Esto en cuanto, es apenas evidente que la interacción pedagógica implica que las interpretaciones de las vivencias cotidianas cada sujeto las asume de forma particular, entre otras explicado porque:

*La representación que tienen los estudiantes de sus profesores está asociada con sus necesidades e intereses, y al mismo tiempo con la trasmisión de conocimiento y personalidad de los profesores que son aceptados o rechazados por los estudiantes [13, 15].*

Es muy común el bajo conocimiento de los profesores de la realidad o situaciones de vida de sus estudiantes. Y no menos importante, es el hecho de que se exponga la importancia de reconsiderar su rol de profesor por *la existencia de tensión en el aula, no solo entre profesores y estudiantes, sino también entre estos últimos [16].*

Es conveniente entonces, a modo de síntesis, presentar algunas consideraciones que pueden ayudar a conceptualizar o resignificar en un momento dado el objeto de estudio, frente a la relación que pudiese existir acorde a los factores asociados a su aparición o los efectos que desencadena.

En cuanto al género y absentismo escolar, algunos estudios señalan que es mayor el porcentaje de absentistas en el género femenino, especialmente si se tiene en cuenta el fenómeno adjunto del embarazo adolescente, dado que es un tema clave para analizar como un elemento determinante en la deserción escolar, puesto que: es importante las consecuencias que trae para sus protagonistas, considerando que principalmente para el caso de las madres, existe un reordenamiento en la prioridades; provocando en muchos casos, la desvinculación temporal o permanente del sistema educativo [15].

En cuanto al análisis pedagógico del absentismo, sus efectos directos sobre el rendimiento académico, pues como se ha tratado de sustentar previamente, llegan a ser determinantes por la falta de regularidad o constancia del estudiante a la asistencia habitual a la jornada escolar, hecho que se hace aún más crítico, por sus implicaciones están directamente asociadas con el rol desempeñado en la escuela, por ejemplo, las ausencias y su repercusión en la evaluación del aprendizaje.

Las situaciones que representan dificultades para la adaptación social del estudiante a la escuela, - que bien podría llamarse el conflicto en la escuela-, bien sea por hechos externos o dificultades económicas, si bien tienen su origen fuera de la escuela, también pueden darse en su interior y por tanto generar fuertes consecuencias sobre los estudiantes, lo que puede derivar en el denominado absentismo y consecuente fracaso escolar, por lo que no son descartables a la hora de sumarlos como parte del proceso de abandono escolar parcial o total.

El papel de los padres en el seguimiento al estudiante absentista, pues si bien la familia asume el rol principal de inserción en la sociedad para los jóvenes, también le subyace por esencia el compromiso de tener un alto grado de responsabilidad en el control de la formación del mismo; siendo esta un punto crítico, que en las investigaciones tanto a los profesores como a los mismos estudiantes, los han conducido o llevado a establecer la idea de *una despreocupación por parte de padres o tutores de los jóvenes puede tener como consecuencia la deserción escolar [15].*

En este punto es pertinente, hacer algunas aclaraciones frente al rendimiento académico, es muy común atribuir el rendimiento académico a dos situaciones bien diferenciadas entres sí: la primera que tiene que

ver con que el esfuerzo y la voluntad del estudiante, son la razón de ser de su avance o retroceso en el aprendizaje y los resultados o la evaluación que se haga del mismo, pensamiento que es muy natural en la mayoría de las familias de nuestras escuelas; mientras que en el extremo opuesto aparece la explicación que indica que los buenos resultados del educando dependen de la conjunción de varios elementos tanto de las personas que intervienen en el procesos de enseñanza-aprendizaje, como de las estructuras educativas dispuestas para tal propósito.

Así mismo si se le suma al absentismo este criterio y además se tiene en cuenta como una variable a considerar en la evaluación del aprendizaje, es claro que se plantea la posibilidad a modo de relación causal entre absentismo y rendimiento académico, así como el grupo investigador postuló como: *la definición más habitual de fracaso escolar* [9].

### 3. MÉTODO

El tipo, enfoque y diseño de este trabajo de investigación, se tipifica como: Cuantitativo de tipo correlacional descriptivo, teniendo en cuenta como instrumento principal de recolección de datos, la realización de una encuesta con dos variables: absentismo escolar y rendimiento académico, cuestión desde donde surge la duda sobre los ejes, número de preguntas y orientación de esta. La investigación se sitúa bajo un tipo correlacional, pues en [17] textualmente la describen así: *la cual tiene como propósito medir el grado de relación que exista entre dos o más conceptos o variables, miden cada una de ellas y después, cuantifican y analizan la vinculación*. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba. Si dos variables están correlacionadas y se conoce la magnitud de la asociación, se tiene base para predecir, con mayor o menor exactitud. En cierta medida tienen un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa.

#### 3.1 Participantes

La muestra estuvo compuesta de 260 personas y fue elegida por muestreo aleatorio estratificado simple por rol del participante, distribuidos de la siguiente manera: pares o madres de familia 54 correspondientes al 20,8%, estudiantes 168 correspondientes al 64,6%, profesores 25 correspondientes al 9,6%, directivo docente 4 correspondientes al 1,5% y acudientes 9 correspondientes al 3,5%. Con respecto a la distribución de la muestra y los años de permanencia en la institución, se obtuvo que el 30,8% tiene una permanencia de entre 1 y 2 años, 19,6% entre 3 y 4 años, 25,4% entre 5 y 8 años, mientras que el 24,2% tiene una permanencia en la institución de más de 8 años.

#### 3.2 Instrumento

El instrumento utilizado para recoger datos fue una encuesta con 10 preguntas, compartida vía web y el tiempo estimado para responderla fue de 10 minutos. En relación con el tema ético, se incluyó en la aplicación del instrumento un consentimiento informado en el cual se les garantizó a los participantes el anonimato. Se señaló, también, que la participación era voluntaria y los resultados del estudio estaban orientados solo a fines científicos y educativos.

### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados de la investigación indican que en una gran medida los efectos del absentismo en la Institución Educativa, en la Tabla 3 se exhiben las altas tasas de deserción y reprobación, de donde se observar variación al aumento en reprobados y retirados, información sustentada en las opiniones de los encuestados, sobre los hechos generadores del absentismo y las consecuencias de este sobre los indicadores institucionales.

Frente a los resultados presentados en la encuesta, se presentan diversas interpretaciones, dada la pluralidad de la población a quien se le practicó, por lo que se escribe a continuación un análisis de estos, en los tres ítems con sus respectivas preguntas, en concordancia con la propuesta de la investigación.

**Tabla 3.** Indicadores de cobertura y rendimiento académico

Indicador	2017	2018	2019
Aprobados	79,8%	76,8%	68,3%
Reprobados	8,9%	8,3%	9,1%
Desertores	2,8%	0,8%	2,6%
Retirados	8,5%	14,1%	19,9%

#### 4.1 Aspectos generales – Caracterización individual del encuestado

La distribución según género fue de 58,8% estudiantes femeninas y un 41,2% masculinos. En la Tabla 4 se muestra el porcentaje de permanencia en la institución correspondiente a cada periodo. Se tomó como referente general los años de permanencia en la institución o antigüedad, pues la premisa fijada es que, a mayor tiempo de permanencia de la persona, se da un mayor conocimiento de la realidad institucional y, por ende, su juicio está más cercano a la realidad por la experiencia directa. Se observa que el 69,6% por ciento de los encuestados tienen esa circunstancia, sin diferencias amplias según los roles en que se ubican como parte de la comunidad educativa.

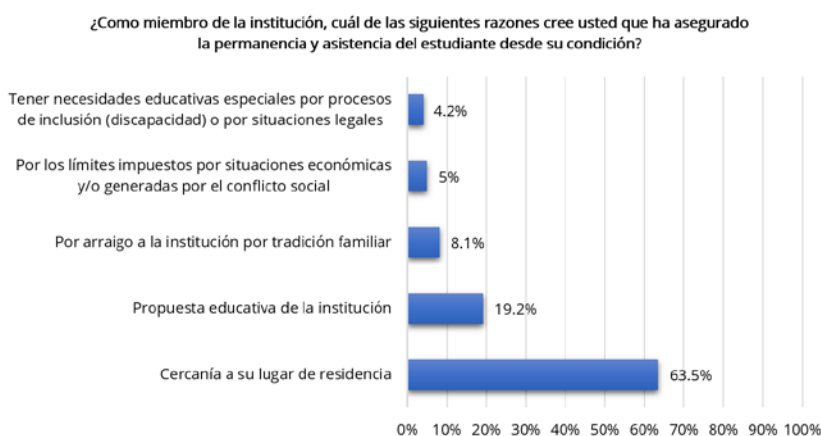
**Tabla 4.** Tiempo de permanencia

Años	Porcentaje
Entre 1 y 2 años	30,40%
Entre 3 y 4 años	18,50%
Entre 5 y 8 años	26,90%
Más de 9 años	24,20%

En cuanto al estamento del encuestado, 64,6% corresponde a estudiantes, 20,8% a padre, madre o tutor del estudiante, 9,6% a profesores del establecimiento, 3,5% a acudientes, mientras que 1,5% corresponde al estamento directivo docente.

#### 4.2 Factores asociados al absentismo escolar: Asistencia y permanencia del estudiante

En la Figura 1 se presentan las razones de la permanencia en la institución y asistencia a clases, de donde se observa que el criterio de permanencia y asistencia del estudiante, de donde se obtuvo que el 63,5% de los participantes afirmó que la *cercanía de la institución a su lugar de residencia* es el factor más importante, seguido por el 19,2% que indicó que el factor más importante es la *propuesta educativa de la institución*. El factor *arraigo a la institución por tradición familiar* alcanzó un 8,1% de las preferencias. Finalmente, el 5% y el 4,2% de los encuestados señaló que el factor importante para la permanencia en la institución es *límites de impuestos por situaciones económicas* y *tener necesidades educativas especiales por procesos de inclusión*, respectivamente.



**Figura 1.** Razones de la permanencia en la institución y asistencia a clases

En el Figura 2 se muestran las opiniones y apreciaciones sobre las situaciones determinantes de la ausencia habitual del estudiante. Los resultados arrojaron que el orden de las situaciones que determinan la ausencia

habitual de un estudiante es en primer lugar la *falta de compromiso personal o proyecto de vida del estudiante* con un 38,8%, seguido de la *falta de autoridad y compromiso de los padres* con un 28,8%. En tercer lugar, se ubicó la *situación económica familiar* con un 21,9%, luego *conflictos con compañeros o cualquier otro miembro de la comunidad educativa* con un 6,9%. Finalmente, se ubicó *problemas de adaptación social y pedagógica por necesidades educativas especiales* con un 3,5%.

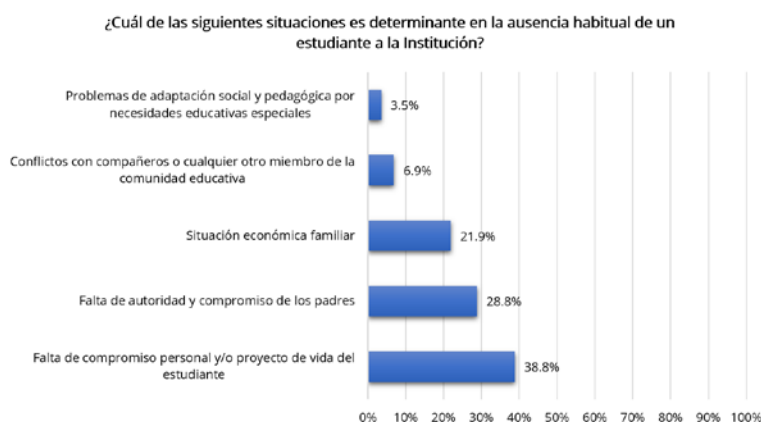


Figura 2. Situaciones determinantes de la ausencia habitual del estudiante

En el Figura 3 se exhiben las apreciaciones del efecto de la situación socioeconómica familiar frente al absentismo del estudiante, de donde se desprende que el 53,8% de los consultados consideró notable el efecto de la situación socioeconómica sobre el absentismo escolar, mientras que el 20,8% lo consideró muy notable.

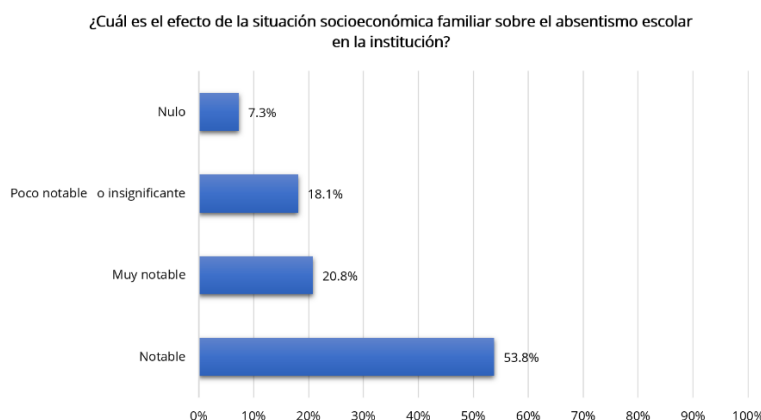


Figura 3. Efecto de la situación socioeconómica familiar sobre el absentismo escolar

En la Figura 4 se presentan las apreciaciones sobre el conocimiento y control del absentismo escolar de los estudiantes, de donde se observa que el 68% de las personas señaló que el conocimiento y control del absentismo escolar es *muy necesario*, seguido por el 30,5% que lo señaló *necesario*, mientras que el 1,5% lo señaló *innecesario*.

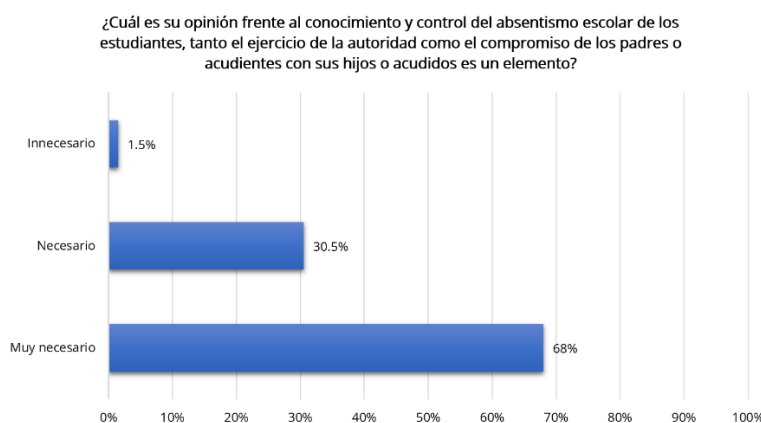
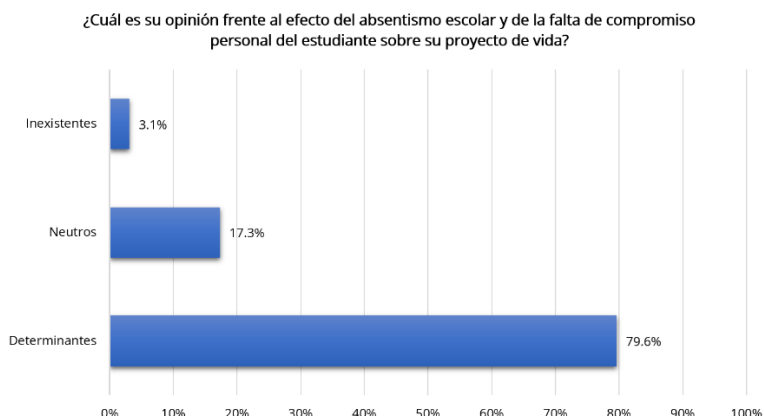


Figura 4. Opinión frente al conocimiento y control del absentismo escolar

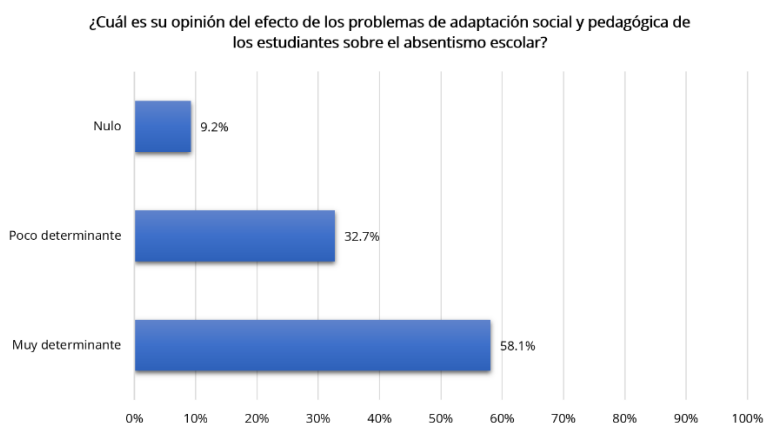


En la Figura 5 se exhiben las opiniones del efecto del absentismo y la falta de compromiso personal de los estudiantes sobre el proyecto de vida. El 79,6% de los encuestados clasificó como *determinante* el efecto del absentismo escolar y la falta de compromiso personal sobre el proyecto de vida, seguido por el 17,3% que lo clasificó como *neutro*, mientras que el 3,1% declaró que eran *inexistentes*.



**Figura 5.** Opinión frente al efecto del absentismo escolar y la falta de compromiso personal sobre el proyecto de vida

En la Figura 6 se presentan las opiniones del efecto de los problemas de adaptación social y pedagógica de los estudiantes sobre el absentismo escolar. Según los resultados, el 58,1% consideró como *muy determinante* el efecto de los problemas de adaptación social y pedagógica de los estudiantes, seguido por el 32,7% que lo consideró *poco determinante*, mientras que el 9,2% lo consideró *nulo*.



**Figura 6.** Opinión del efecto de los problemas de adaptación social y pedagógica sobre el absentismo escolar

En la Figura 7 se aprecian las opiniones sobre el efecto de tener conflictos con miembros de la comunidad educativa sobre el absentismo escolar, de donde se observa que el 41,5% de las personas consideró *alto* que el conflicto del estudiante con compañeros o cualquier otro miembro de la comunidad educativa genera un efecto sobre el absentismo escolar, el 41,9% lo consideró *mediano*, el 12,7% como *bajo*, mientras que el 3,8% lo consideró *nulo*.



**Figura 7.** Opinión del efecto de conflictos con miembros de la comunidad educativa sobre el absentismo escolar

### 4.3 Relación del absentismo escolar con fenómenos consecuentes

En la Tabla 5 se muestran las opiniones sobre las consecuencias del absentismo escolar. De donde se observa que el mayor porcentaje de los encuestado, correspondientes al 73,5%, señaló que existe una incidencia del absentismo en el bajo rendimiento académico personal e institucional, lo cual se puede confrontar con las estadísticas de reprobación en la institución. Por otro lado, el 54,5% de los integrantes de la muestra afirmó que el absentismo escolar genera como consecuencia la deserción en la institución educativa. Mientras que el 52,3% de los participantes indicó que el absentismo escolar genera un descenso en los indicadores de cobertura de matrícula.

**Tabla 5.** Opiniones sobre las consecuencias del absentismo escolar

Pregunta	Sí	No sabe - no responde	No
P1. ¿El absentismo escolar genera como consecuencia o efecto secundario el bajo rendimiento académico personal e institucional?	73,5%	20,8%	5,7%
P2. ¿El absentismo escolar genera como consecuencia o efecto secundario la deserción escolar en la institución? Es decir, que a medida que aumenta, los estudiantes deciden que no regresan a clases definitivamente	54,2%	30,4%	15,4%
P3. ¿En su opinión, el absentismo escolar genera como efecto secundario o consecuencia, el descenso en los indicadores de cobertura de matrícula? Es decir, disminuye la cantidad de estudiantes que se matriculan en la institución anualmente	52,3%	28,1%	19,6%

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados indican que las personas involucradas en el proceso de enseñanza de la Institución Educativa Municipal José Celestino Mutis, ya sean profesores, estudiantes, cuerpo directivo y apoderados, comparten apreciaciones sobre la relación que tiene el absentismo escolar tanto con el rendimiento académico como con proyectos de vida de los estudiantes o situaciones económicas de las familias, que son aspectos más generales de la vida de los estudiantes.

El absentismo escolar es un fenómeno de alto impacto en el contexto educativo, especialmente en sus efectos sobre el rendimiento académico, la cobertura de matrícula y la escolaridad, entre otros; desde lo que se puede afirmar por su relevancia en la planeación y ejecución de las políticas públicas especialmente en cuanto a inversión en el eje fundamental de cualquier nación: el desarrollo social de sus integrantes. Es un imperativo categórico para un estado social de derecho, invertir en educación para que así mismo su retorno implique el crecimiento equilibrado y sostenido de sus habitantes en sus diversas dimensiones.

Los resultados de este estudio abren paso a líneas de investigación asociadas a responder cuestionamientos sobre situaciones pendientes a analizar: ¿Existe relación entre el absentismo y el género de los estudiantes en una Institución Educativa? ¿Existe relación entre el absentismo en el Nivel Preescolar y Básica Primaria de la Institución Educativa? ¿Existe relación entre el absentismo escolar y los conflictos que se generan entre estudiantes dentro de la Institución Educativa? ¿Existe relación entre el absentismo escolar en con los indicadores de gestión en la Institución Educativa? ¿Existe relación entre el control con la gestión del absentismo escolar en la Institución Educativa?

## REFERENCIAS

- [1] Ribaya F. (2011). La gestión del absentismo escolar. *Anuario jurídico y económico escurialense* 22, 579-596.
- [2] Heredia P. (2018). La sensibilización de los docentes y el equipo directivo como base para la prevención del absentismo escolar. Tesis de maestría. Universidad de Málaga.
- [3] García A. (2018). El absentismo escolar un eje de intervención prioritario para el profesorado técnico de servicios a la comunidad. Tesis de maestría. Universidad de Valladolid.
- [4] González M. y San Fabián J. (2018) Buenas prácticas en medidas y programas para jóvenes desenganchados de lo escolar, 2018. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* 16, 10-31.
- [5] Bernal Y. y Rodríguez C. (2017). Factores que inciden el rendimiento escolar de los estudiantes de la básica secundaria. Tesis de maestría. Universidad Cooperativa de Colombia.
- [6] Fernández J. y Hernández J. (2018). Factores socioculturales que influyen en la deserción escolar de los estudiantes de la institución educativa técnica la Ceiba en Rovira-Tolima. Tesis de maestría. Universidad del Tolima.
- [7] León L. y Trillos J. (2018). Cultura organizacional y deserción en los estudiantes de Grado sexto de la posprimaria de la sede educativa Balcones IE Instituto Técnico Agrícola del Municipio de Convención Norte de Santander, Colombia. Tesis de maestría. Universidad Norbert Wiener.
- [8] Forero I. y Lugo G. (2017). Diseño de un plan de gestión temprana a través del desarrollo de actividades motivadoras para disminuir la deserción escolar en la institución educativa La Magdalena. Tesis de maestría. Universidad Libre.
- [9] Enríquez C. et al. (2013). Factores de riesgo asociados a bajo rendimiento en escolares de Bogotá. *Revista AREANDINA* 15, 654-666.
- [10] Razeto A. y García M. (2020). Hacia un plan local de prevención y atención del absentismo escolar en América Latina. *Revista Electrónica Educare* 24, 571-586.
- [11] Caro L. et al. (2011). Determinantes socioculturales: su relación con el rendimiento académico en estudiantes de enseñanza secundaria obligatoria. *Revista de investigación educativa* 29, 83-96.
- [12] Peña J. et al. (2016). La influencia de la familia en la deserción escolar: estudio de caso en estudiantes de secundaria de dos instituciones de las comunas de Padre las Casas y Villarrica, Región de la Araucanía, Chile. *Revista mexicana de investigación educativa* 21(70), 881-899.
- [13] Espinoza Ó. et al. (2014). Deserción escolar en Chile: un estudio de caso en relación con factores intraescolares. *Educación y Educadores* 17, 32-50.
- [14] Rute A. y Verner D. (2011). Factores de la deserción escolar en Brasil. El papel de la paternidad temprana, la mano de obra infantil y la pobreza. *El trimestre económico* 78, 377-402.
- [15] Covarrubias P. y Piña M. (2004). La interacción profesor-estudiante y su relación con el aprendizaje. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* 34, 47-84.
- [16] Delgado G. (2011). Condiciones escolares asociadas a la deserción en educación secundaria. Análisis a partir de dos casos en México. *Pedagogía i Treball Social* 1, 90-110.
- [17] Sampieri R. et al. (2014). Construcción de un instrumento para medir el clima organizacional en función del modelo de los valores en competencia. *Contaduría y administración* 59, 229-257.

# Diseño de un instrumento de apoyo al proceso de titulación en la Universidad Arturo Prat de Chile

Jaime Augusto Lam Moraga<sup>1</sup>  
Paola Karen Mamani Apala<sup>2</sup>  
Francisco Javier Cartes Arenas<sup>3</sup>  
*Universidad Arturo Prat, Chile*

El presente estudio se focaliza en cómo la carrera de Ingeniería Civil Industrial contribuye a facilitar el desarrollo del proceso de titulación entre los estudiantes en la *Modalidad Memoria*. Este material de apoyo tiene por finalidad orientar a los estudiantes mediante la entrega de lineamientos para que elaboren su Proyecto de Trabajo de Título, el cual es la primera etapa del proceso de titulación en la carrera, mediante el planteamiento correcto de: el objetivo general, los objetivos específicos, el marco teórico y las principales actividades a desarrollar desde el punto de vista metodológico. El diseño de la investigación utilizado es un proceso de planificación, en el cual se establecieron los procesos, procedimientos, métodos y técnicas de recopilación de la información necesaria para la investigación. Dentro de los principales resultados se presenta la estructura de 19 temas genéricos aplicables a la modalidad de Memoria, distribuidos en cinco campos de la Ingeniería Industrial: gestión de operaciones, control de gestión, gestión de la calidad, gestión estratégica y gestión de la información. Los resultados tienen implicaciones significativas que brindan una base sólida para futuras investigaciones en este campo. Se espera que este estudio estimule el debate y fomente el desarrollo de nuevas ideas y enfoques con implicancia en otras universidades.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Civil Industrial y Magíster en Calidad Total. Contacto: [jlam@unap.cl](mailto:jlam@unap.cl)

<sup>2</sup> Ingeniero Civil Metalúrgico y Magíster en Ingeniería Industrial. Contacto: [pamamani@unap.cl](mailto:pamamani@unap.cl)

<sup>3</sup> Magíster en Estadística Aplicada. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

El hecho de que un estudiante pueda titularse oportunamente, es decir, que la titulación se lleve a cabo en un plazo máximo de un año adicional a la duración teórica de la carrera [1], trae consigo beneficios tanto de carácter económico como no económico, no solamente a quien se titula sino también a su entorno cercano, como la familia.

Por otra parte, dentro de las áreas de mejora, producto del último proceso de acreditación, el cual es una certificación de la calidad de los procesos internos de la carrera y sus resultados, llevado a cabo por la carrera de Ingeniería Civil Industrial, año 2016, se menciona que se han efectuado acciones para apoyar el desempeño de los estudiantes en el transcurso de la carrera. Sin embargo, la tasa de titulación continúa siendo baja [2].

En este contexto, la carrera cuenta con dos modalidades de titulación:

1. La *Modalidad Investigación*, que consiste en un trabajo de investigación en una de las líneas de investigación declaradas por la carrera de ingeniería Civil Industrial o de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Arturo Prat. Para llevar a cabo esta modalidad se requiere la participación de, por lo menos, un académico Jornada Completa de la carrera Ingeniería Civil Industrial.
2. La *Modalidad Memoria*, que consiste en un trabajo práctico a desarrollar en algún área de la Ingeniería Industrial que permita su posible aplicación en alguna organización o en algún rubro en particular. Para llevar a cabo esta modalidad se requiere la participación de, a lo menos, dos profesores.

El presente capítulo se focaliza en la *Modalidad Memoria* y en cómo la carrera de Ingeniería Civil Industrial contribuye a facilitar el desarrollo del Proceso de Titulación entre sus estudiantes.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Proceso de titulación

Es importante tener presente que los estudiantes estarán en condiciones de realizar el proceso de actividad de titulación, según las etapas conducentes la obtención del título profesional para la carrera de ingeniería Civil Industrial, cuando hayan cursado el 100% de las actividades curriculares y las prácticas, considerando lo estipulado en [3].

Para llevar a cabo el proceso de titulación el número máximo de estudiantes memoristas es dos. Las condiciones para iniciar el proceso son que cada estudiante cuente con la matrícula vigente de *estudiante memorista* de Ingeniería Civil Industrial, haya cursado la totalidad de las actividades curriculares y haya realizado las dos prácticas en conformidad a lo establecido en el Plan de Formación Curricular y en el reglamento de títulos y grados de la institución.

En la Figura 1 se muestra el flujo de las etapas del proceso de trabajo de titulación modalidad Memoria para la carrera Ingeniería Civil Industrial de la Universidad Arturo Prat. Considerando que el presente documento se centra en la *Modalidad Memoria*, el proceso relacionado con esta modalidad cuenta con las siguientes etapas:

#### 2.1.1 Etapa 1: Proyecto de Trabajo de Título

La condición para iniciar el proceso de titulación es contar con la matrícula de estudiante memorista. Cumplida esta condición, la primera etapa del proceso de titulación, desde el punto de vista académico, es elaborar el Proyecto de Trabajo de Título PTT. En términos concretos, en esta etapa se presenta el tema que se pretende desarrollar como trabajo de título, modalidad memoria. Para llevar a cabo esta actividad se requiere de la participación de, a lo menos, dos profesores. Es importante tener presente que el número máximo de estudiantes memoristas para llevar a cabo el proceso de titulación es dos. Esta etapa finaliza

cuando los profesores participantes del PTT indican, mediante la firma de un acta o el envío de un correo, según corresponda, que el Proyecto de Trabajo de Título se encuentra en *Aceptación del Proyecto de Trabajo de Título*. De esta forma, el o la estudiante puede inscribir, formalmente, su tema de memoria en la Unidad de Programación y Registro Académico (UPRA) de la Universidad Arturo Prat.

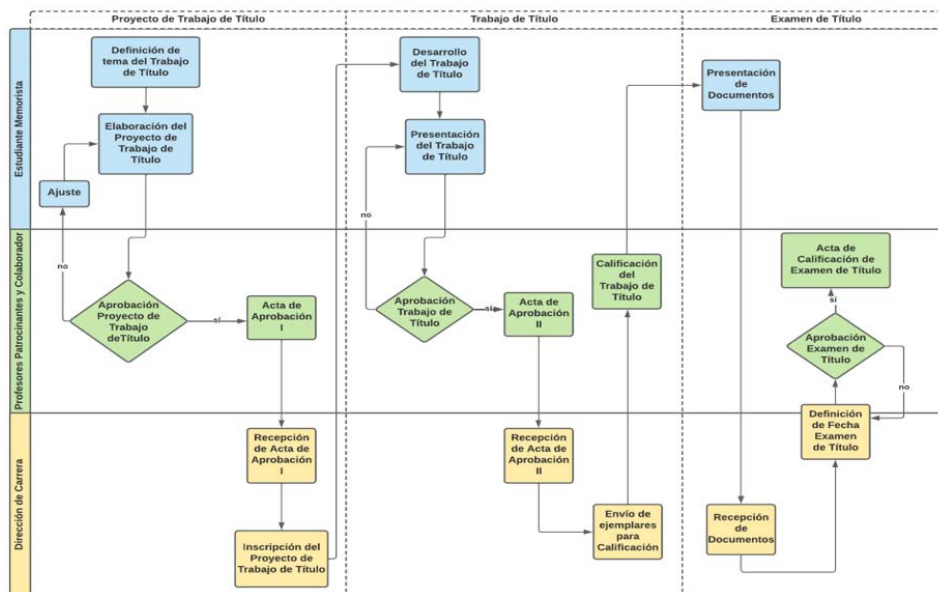


Figura 1. Diagrama de flujo de las etapas del Proceso de Memoria

### 2.1.2 Etapa 2: Trabajo de Título

Para poder iniciar esta actividad, el estudiante debe tener aprobado el PTT y haber inscrito su tema de memoria en la Unidad de Progresión y Registro Académico. La Memoria es el documento en el que se concreta la idea planteada en el PTT. Esta etapa finaliza cuando los profesores participantes de la Memoria indican, mediante la firma de un acta o el envío de un correo, según corresponda, que la Memoria se encuentra en *Aprobación de Trabajo de Título*. De esta forma, el o la estudiante puede entregar su tema de memoria a la Dirección de Carrera.

### 2.1.3 Etapa 3: Examen de Título

Esta etapa comienza cuando la Dirección de Carrera recibe la calificación de la Memoria por parte de los profesores a quienes les fue enviada. El o la estudiante debe tener la condición de estudiante vigente en la carrera y estar dentro del plazo establecido en el Reglamento de la Universidad. Concluido el plazo, si el estudiante no ha finalizado su Trabajo de Título deberá comenzar nuevamente su Proceso de Titulación. Una vez recibidos los antecedentes solicitados por parte de la Dirección de la Carrera de Ingeniería Civil Industrial, se calendarizará, con un máximo de 30 días, la fecha del Examen de Título. El estudiante contará con veinte minutos para presentar su trabajo del título ante una Comisión. Cabe destacar que, al menos un(a) integrante de la Comisión debe haber participado en el Trabajo de Título. La Dirección de Carrera determina la comisión correspondiente.

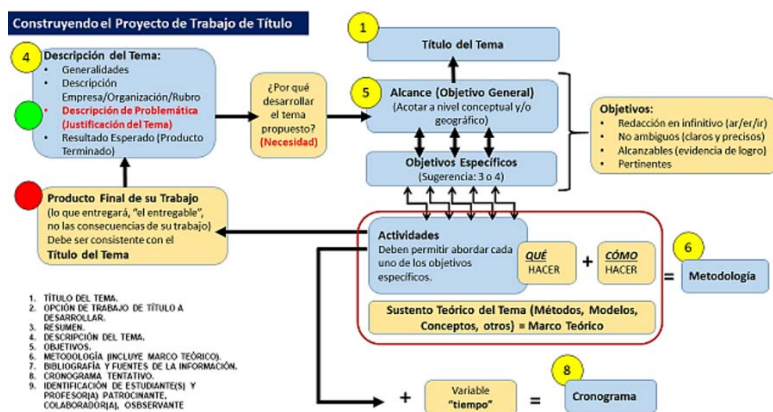
## 2.2 Elaboración del Proyecto de Trabajo de Título

Considerando que la elaboración del PTT es la primera etapa del Proceso de Titulación, es de suma importancia contar con un documento sólido y claro en cuanto a representar lo que cada estudiante plantea realizar como tema de Memoria. En este contexto, la estructura con los ítems y sus descripciones para la elaboración del PTT se exhibe en la Tabla 1.

Complementando lo anterior y como una forma de facilitar la elaboración del PTT, se presenta en la Figura 2 un diagrama con el orden lógico que cada estudiante debería seguir y utilizar para culminar con una mayor probabilidad de éxito esta primera etapa.

**Tabla 1.** Estructura para la elaboración del PTT

Ítem del PTT	Descripción
Portada	Información sobre: Universidad, Facultad, Carrera, Profesores, Estudiantes y Fecha
Título de proyecto (máx. 20 palabras)	El título del trabajo debe ser claro y breve que sintetice la metodología, herramientas de ingeniería y el problema a resolver. Debe reflejar el objetivo general del trabajo
Opción de trabajo de título a desarrollar (Memoria)	Debe indicar: <i>La opción de trabajo de título a desarrollar corresponde a Memoria</i>
Resumen (250 palabras)	El Resumen debe plantearse considerando, como mínimo, los siguientes aspectos: Contexto y Problemática, Objetivos, síntesis de la Metodología, Resultado Esperado o Producto Terminado del Trabajo de Título
Descripción del problema (Máximo 700 palabras)	Generalidades respecto a la temática.
	Descripción de la empresa, organización o rubro donde se inserta el desarrollo del tema
	Descripción de la Problemática o situación bajo estudio, es decir, plantear cuál es la necesidad que aborda el tema
Objetivos	Resultado Esperado, es decir, cuál será el <i>producto terminado</i> del Trabajo de Título
	Presenta el propósito general del estudio o investigación. La definición de objetivos es importante para determinar el alcance del trabajo a realizar y para orientar las acciones hacia los resultados esperados, derivados de la definición de la problemática. Los objetivos deben ser claros, precisos y que se pueda evidenciar su logro
Metodología (Máximo 500 palabras)	Marco Teórico: Debe exponer brevemente aquellas materias o aspectos conceptuales que fundamentan y respondan directamente al estudio o la investigación
	Metodología por utilizar: Debe plantear qué va a hacer y cómo lo va a hacer para abordar el tema a desarrollar. Puede incorporar aspectos tales como: Investigación de Campo, Observaciones, Entrevistas, Encuestas, Utilización de algún modelo o método. Tenga presente que un método es conjunto de operaciones ordenadas con que se pretende obtener un resultado
Bibliografía (Mínimo 5 referencias)	Debe utilizar el formato de Citas APA. Para una mejor organización de este punto, contemple: Bibliografía (Libros) y Fuentes de Información (periódico, revista, libro electrónico, artículo de revista electrónica, página web)
Cronograma (Programa con un máximo de 6 meses)	A través de una Carta Gantt simple, se establecen las actividades a realizar en el marco del trabajo de título y el tiempo estimado de duración de cada una de ellas
Identificación de profesores y estudiante(s)	En el caso de los estudiantes: Nombre, RUT, correo electrónico, Año de Ingreso y Año de Egreso
	En el caso de los profesores: Nombre, RUT, Profesión, Cargo, Institución



**Figura 2.** Diagrama de Construcción del Proyecto de Trabajo de Título

### 2.3 Importancia de los objetivos

Cabe destacar el rol fundamental que tiene el establecimiento de los objetivos tanto general como específicos en el PTT y, en consecuencia, en el proceso de titulación en su conjunto.

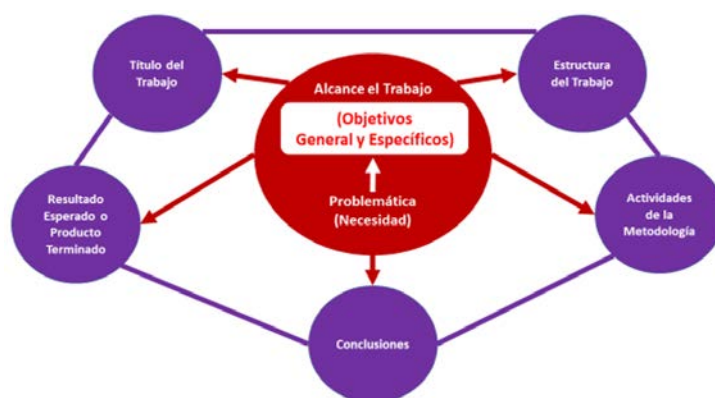
En este sentido, se considera pertinente tener presente la definición, características y estructura de un objetivo, en la Tabla 2 se presentan las descripciones de los aspectos de los objetivos según [4]. En la Figura 3 se muestra el efecto que tienen los objetivos en la elaboración del PTT.

Finalmente, la estrategia con que la carrera Ingeniería Civil Industrial pretende mejorar su Tasa de Titulación Oportuna consta en ofrecer un material de apoyo para quienes, en el marco de su Proceso de Titulación, desean desarrollar su trabajo bajo la *Modalidad Memoria*. Este material de apoyo tiene por finalidad

orientar mediante la entrega de lineamientos para que los estudiantes puedan elaborar su Proyecto de Trabajo de Título mediante el planteamiento correcto de los siguientes aspectos: el objetivo general, los objetivos específicos, el marco teórico y las principales actividades a desarrollar desde el punto de vista metodológico.

**Tabla 2.** Estructura para la elaboración del PTT

Aspecto	Descripción
¿Qué es?	Es la intención explícita de un investigador de lograr o alcanzar un resultado al término de un estudio.
¿Por qué es importante?	Porque traza un camino y evita desviaciones. Porque dice a dónde se quiere llegar y qué producto se obtendrá. Porque permitirá demostrar su logro al final de una investigación.
¿Qué características debe tener?	Claro, preciso, específico, realista, alcanzable. Verbo: acción o logro que se espera alcanzar al final del estudio. Evento de Estudio: característica, hecho o situación a estudiar.
¿Qué elementos lo componen?	Unidad(es) de Estudio: puede ser una persona, un objeto, una institución, etc. Contexto: lugar específico de la investigación. Temporalidad: cuando el estudio es de tipo histórico o se establece el tiempo que abarcará el estudio.



**Figura 3.** Diagrama de Construcción del Proyecto de Trabajo de Título

### 3. MARCO TEÓRICO

Sin dudas el proceso de titulación en las universidades chilenas constituye un paso fundamental para que los estudiantes obtengan su grado académico y pueden insertarse en el campo laboral de sus respectivas áreas de estudio. En Chile el proceso de titulación está regido por una serie de normativas y regulaciones establecidas por el Ministerio de Educación. Estas normas definen los requisitos académicos y administrativos que los estudiantes deben cumplir para obtener su título universitario. La obtención de un título universitario es fundamental, ya que acredita las capacidades que tiene un profesional y abre las puertas para desarrollarse en un sector de interés o en aquellas áreas en las que el título es un requisito [5]. Las modalidades de titulación varían entre las distintas instituciones de educación superior, siendo la Memoria una vía de titulación en común entre varias universidades chilenas [6-8] como se ve en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Vías de titulación de algunas universidades chilenas

Universidad	Modalidades de Titulación
Universidad Austral de Chile	Proyecto de Seminario de Titulación
	Pasantía
	Memoria
Universidad de Santiago de Chile	Proyecto Multidisciplinar
	Portafolio de emprendimiento de base científica tecnológica
	Examen habilitante
	Memoria
Universidad de Antofagasta	Proyecto
	Tesis
	Seminario grupal
	Proyectos especiales (Creación de una empresa, obtención de una patente y otros de la misma naturaleza)



Chile ha pasado por un proceso de masificación de estudiantes que ingresan a la educación superior, en 1980 ingresaban 119000 estudiantes y actualmente hay más de 1200000 matriculados [9]. Este gran aumento también ha generado un gran impacto en las tasas de retención [10] y de titulación oportuna. La pandemia también ha causado impacto sobre estos indicadores y esto se evidencia en la baja de los títulos obtenidos en 2020 los que sufrieron un descenso histórico de hasta un 21,6% cifra que se ha revertido en los años posteriores aumentando en un 37% para 2022 [11].

A pesar de la expansión del acceso a la educación superior, los estudiantes que ingresan por primera vez a la educación superior en Chile tienen menos probabilidad de completar sus estudios en comparación con los otros países de la OECD, según los datos disponibles, solo el 16% de los estudiantes que ingresan a una carrera profesional logran egresar dentro de la duración teórica de la carrera, al cabo de 3 años la cifra aumenta al 54% y del 46% de los estudiantes restantes que no se han graduado durante el tiempo señalado, cerca de un tercio continúa matriculado en educación superior y los otros dos tercios abandonan el sistema sin titularse [12].

Según datos de la OECD los chilenos se benefician de manera significativa de la educación superior, las cifras indican que, en el año 2017, el 84% de los adultos con educación superior (25 a 64 años) se encontraba empleado en Chile, casi igual que el promedio de los países OECD (85%). Los pocos que obtienen un título de magíster o doctorado se benefician de grandes perspectivas laborales: un 93% de los adultos con un título de magíster o doctorado está empleado, comparado con el 85% de aquellos que poseen un título profesional y un 81% de quienes tienen un título técnico de nivel superior.

Chile tiene una de las más altas compensaciones económicas para los adultos con educación superior y esta aumenta considerablemente en base al nivel de educación. Aquellos con un título técnico de nivel superior reciben un 40% más que aquellos que tienen educación media, mientras que aquellos que egresan de una carrera profesional ganan un 163% más. Ambos valores se encuentran muy por sobre el promedio OECD del 20% para los programas técnicos de nivel superior y del 44% para carreras profesionales [12].

#### 4. MÉTODO

El diseño de la investigación utilizado fue un proceso de planificación [13], en el cual se establecieron los procesos, procedimientos, métodos y las técnicas de recopilación de la información necesaria para la investigación.

#### 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los principales resultados conllevan a la presentación y descripción de la estructura de 19 temas genéricos aplicables a la modalidad de Memoria distribuidos en cinco Campos identificados y establecidos por la carrera de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad Arturo Prat, a saber: gestión de operaciones, control de gestión, gestión de la calidad, gestión estratégica y gestión de la información.

##### 5.1 Perfiles de egreso

En la Tabla 4 se exhiben el perfil de egresos de las tres carreras relacionadas con Ingeniería Industrial de la Universidad Arturo Prat. Para efectos de este estudio, el enfoque está centrado en la carrera Ingeniería Civil Industrial.

**Tabla 4.** Perfiles de egreso de las carreras de Ingenierías Industriales

Carrera	Perfil de egreso
Ingeniería Civil Industrial	El Ingeniero Civil Industrial egresado de la Universidad Arturo Prat posee las capacidades de diseño y evaluación, instalación, administración y desarrollo de sistemas socio-técnicos con énfasis en la producción industrial, entidades públicas y de servicios, también posee capacidades de pensamiento crítico, aprendizaje autónomo, comunicación oral y escrita, en idioma español y comunicación efectiva en idioma inglés, permitiendo un ejercicio profesional que considere el desarrollo humano, la sustentabilidad del medio ambiente, y el desarrollo de la sociedad.

Además, como licenciado en ciencias de la ingeniería de esta Facultad está formado para aplicar fundamentos de ciencias de la ingeniería para el análisis y desarrollo de soluciones a problemas ingenieriles, utilizando las tecnologías de la información y la comunicación efectiva, integrando y liderando activamente equipos de trabajo, formando parte de procesos de emprendimiento para su desarrollo. Es un profesional capaz de reflexionar y aplicar estrategias para actualizarse y profundizar su conocimiento científico y tecnológico.

Ingeniería Civil Industrial Mención Gestión	Profesional que aplica el pensamiento sistémico, creativo e innovativo a la resolución de problemas y al modelado de operaciones en el ámbito productivo y de servicios; usa en forma eficaz las tecnologías de la información y las variables económicas-financieras; posee capacidades de comunicación efectiva con sus pares y alternos en su idioma nativo e inglés profesional, tiene la capacidad de liderar y trabajar colaborativamente en equipos multidisciplinares, posee iniciativa emprendedora y habilidad para diseñar, dirigir e implementar proyectos, generando valor en la sociedad y en las organizaciones.
Ingeniería Ejecución Industrial	Al concluir el plan de estudios se espera que el egresado, en base a su formación sistémica y polivalente con dominio en Ciencias Básicas, Ciencias de la Ingeniería, Ciencias de la Administración y Económicas, será capaz de exhibir las competencias de: Planificación, programación y control de procesos operacionales, incluyendo aspectos logísticos, pasando por el manejo eficiente de los procesos productivos, hasta la gestión de inventarios y líneas de abastecimiento. Incorporando tópicos como sistemas integrados de gestión de la calidad y aseguramiento de la calidad. Además, comprender las áreas funcionales de una organización comprender el comportamiento de ésta cuando está inserta en un sector industrial con una estructura de mercado dada, y determinar cuáles son las variables microeconómicas, humanas, contables, legales, productivas y económicas claves de una organización para desempeñar eficientemente evaluaciones y factibilidades de alternativas de proyectos. Deberá también exhibir competencias en la formulación, abstracción y resolución de problemas reales mediante el uso de modelos matemáticos, aplicando estadísticas, técnicas de muestreo, modelos de predicción, técnicas de optimización y desarrollo de algoritmo, con aplicaciones tecnológicas.

## 5.2 Temas de trabajos de titulación

En la Tabla 5 se presentan las potenciales temáticas de trabajo de titulación según el campo de aplicación de la Ingeniería Industrial de la Universidad Arturo Prat.

**Tabla 5.** Potenciales temas para desarrollar según las áreas de la Ingeniería Industrial

Campo de aplicación	Potenciales temáticas
Gestión de Operaciones	1. Mejora de Proceso
	2. Diseño de Proceso
	3. Plan de Mantenimiento
	4. Modelo de Simulación
	5. Gestión de la Cadena de Suministro
Control de Gestión	6. Sistema de Control de Inventarios
	7. Sistema de Control de Costos
	8. Cuadro de Mando Integral
Gestión de la Calidad	9. Sistema de Gestión de Calidad
	10. Sistema de Gestión
	11. Sistema Integrado de Gestión
	12. Medición de la Calidad de Servicio
Gestión Estratégica	13. Plan Estratégico
	14. Estrategias de Negocios
	15. Plan de Negocio
	16. Diseño (Rediseño) Organizacional
Gestión de la Información	17. Sistema de Información
	18. Ciencia de Datos aplicada a la toma de decisiones estratégicas
	19. Evaluación de impacto de alguna situación específica dentro de una organización/empresa o rubro

## 5.3 Estructura de trabajos de titulación según el campo

Esta estructura viene dada por el nombre de la temática, la descripción del objetivo general y objetivos específicos, propuesta de conceptos que forman parte del marco teórico y las actividades de la metodología.

### 5.3.1 Gestión de Operaciones

En la Tabla 6 se presenta la estructura y descripción de los elementos a considerar en los trabajos de Memoria para el campo de *Gestión de Operaciones* según [14-17].

**Tabla 6.** Clasificación de los Trabajos de Títulos del campo Gestión de Operaciones

Temática	Objetivo General	Objetivos Específicos	Marco Teórico	Actividades de la Metodología
Mejora de Proceso	Proponer mejoras al (o los) proceso(s) de...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el contexto de [temática del trabajo a desarrollar] OE2. Identificar los ámbitos que deben ser mejorados en el área bajo estudio según el diagnóstico realizado OE3. Generar propuestas de mejora para el área bajo estudio en el ámbito de [temática del trabajo a desarrollar] OE4. Elaborar los planes de acción para la propuesta(s) de mejora que permitan una potencial implementación	Conceptos Principales: - Procesos - Gestión de Procesos - Mejora Continua  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción del proceso bajo estudio. 2. Diagnóstico del proceso bajo estudio. 3. Establecimiento de Criterios para áreas de mejora. 4. Determinación de las áreas de mejora. 5. Análisis de las áreas de mejora. 6. Presentación de Propuestas de Mejora. 7. Determinación de Criterios para la Evaluación de las Propuestas de Mejora. 8. Evaluación de las Propuestas de Mejora. 9. Selección de las Propuestas de Mejora. 10. Priorización de las Propuestas de Mejora según corresponda 11. Propuesta de Planes de Acción
Diseño de Proceso	Diseñar el o los procesos para...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el contexto de... OE2. Elaborar el (los) proceso(s) y los procedimientos para el área bajo estudio de acuerdo con el nuevo diseño OE3. Proponer un plan de implementación del proceso diseñado para el área bajo estudio bajo del contexto de la mejora continua	Conceptos Principales: - Procesos - Procedimientos - Mejora Continua  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción y Diagnóstico de la situación actual. 2. Desarrollo de los componentes del proceso: Alcance (objetivo, entradas o proveedores, salidas o clientes, propietario, resultados), Diagrama Flujo, Niveles de Servicio o Responsabilidad, Indicadores. 3. Elaboración de Procedimientos. 4. Propuesta Plan de Implementación, considerando Planes de Acción.
Plan de Mantenimiento	Proponer un Plan de Mantenimiento para...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el contexto del mantenimiento OE2. Identificar los factores críticos que influyen en el mantenimiento del área bajo estudio OE3. Desarrollar los componentes necesarios del Plan de Mantenimiento para el área bajo estudio	Conceptos Principales: - Gestión de Mantenimiento, - Estándares. - Mejora Continua  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción del área bajo estudio. 2. Diagnóstico del área bajo estudio. 3. Identificación de los elementos o aspectos clave sujetos a mantenimiento. 4. Definición de la política(s) de mantenimiento. 5. Determinación de criterios de mantenimiento. 6. Establecimiento de estándares para el mantenimiento. 7. Determinación de las actividades de mantenimiento. 8. Elaboración del Plan de Mantenimiento, considerando la validación de la empresa.
Modelo de Simulación	Desarrollar un modelo de simulación para el proceso de...	OE1. Determinar la situación actual del sistema bajo estudio considerando los procesos que intervienen OE2. Analizar los factores influyentes de los procesos del sistema bajo estudio de acuerdo con el modelo de simulación a desarrollar OE3. Construir el modelo de simulación del sistema bajo estudio según al alcance determinado OE4. Evaluar diferentes	Conceptos Principales: - Procesos - Simulación de Procesos - Gestión de Procesos  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Diagnóstico del sistema bajo estudio. 2. Formulación del problema. 3. Recolección de datos y definición del o los proceso(s) a simular. 4. Análisis de Datos. 5. Generación del modelo conceptual. 6. Programación del modelo (en simio) 7. Verificación y validación del modelo. 8. Diseño y Análisis de Experimentación.

		escenarios para el proceso simulado que permita la generación de propuestas de mejoras		9. Evaluación de escenarios. 10. Resultados relevantes.
Gestión de la Cadena de Suministro	Desarrollar la cadena de suministro para...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el ámbito de la gestión de la cadena de suministros OE2. Establecer el modelo a utilizar en el área bajo estudio en el ámbito de la gestión de la cadena de suministros OE3. Estandarizar los procesos clave del área bajo estudio que intervienen directamente en la gestión de la cadena de suministros OE4. Elaborar los indicadores necesarios para el área bajo estudio según los procesos que intervienen en la gestión de la cadena de suministros	Conceptos Principales: - Cadena de Suministro - Gestión - Procesos  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción y Diagnóstico de la situación actual. 2. Selección del modelo de gestión logística a utilizar. 3. Identificación de los procesos involucrados (Recopilación y Análisis de información de cada proceso). 4. Estandarización de los procesos. 5. Diseño de Indicadores. 6. Propuesta de implementación de la Cadena de Suministro.

### 5.3.2 Control de Gestión

En la Tabla 7 se presenta la estructura y descripción de los elementos a considerar en los trabajos de Memoria para el campo de *Control de Gestión* según [18, 19].

**Tabla 7.** Clasificación de los Trabajos de Títulos del campo Control de Gestión

Temática	Objetivo General	Objetivos Específicos	Marco Teórico	Actividades de la Metodología
Sistema de Control de Inventarios	Diseñar un sistema de control de inventarios para ...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el ámbito del control de inventarios OE2. Establecer los elementos clave para el área bajo estudio relacionados con el sistema de control de inventarios a proponer OE3. Proponer un plan de acción para el área bajo estudio que permita la implementación del sistema de control de inventarios	Conceptos Principales: - Gestión - Gestión de Inventarios - Modelos o Sistemas de Inventarios  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción y Diagnóstico del área bajo estudio. 2. Identificación de variables críticas. 3. Desarrollo componentes del sistema: objetivo(s), aspectos a controlar, elementos de control, procedimientos de control. 4. Propuesta de Plan de Implementación del Sistema, considerando Plan de Acción.
Sistema de Control de Costos	Diseñar un sistema de control de costos para...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el ámbito del control de costos OE2. Establecer los elementos clave para el área bajo estudio relacionados con el sistema de control de costos a proponer OE3. Proponer un plan de acción para el área bajo estudio que permita la implementación del sistema de control de costos	Conceptos Principales: - Gestión - Sistemas de Gestión - Control de Gestión  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción y Diagnóstico del área bajo estudio. 2. Identificación de variables críticas. 3. Desarrollo componentes del sistema: objetivo(s), aspectos a controlar, elementos de control, procedimientos de control. 4. Plan de Implementación del Sistema, considerando el Plan de Acción.
Cuadro de Mando Integral	Diseñar un Cuadro de Mando Integral para...	OE1. Determinar los objetivos estratégicos del área bajo estudio en el contexto del Cuadro de Mando Integral OE2. Elaborar el Mapa Estratégico del área bajo estudio en el contexto del Cuadro de Mando Integral OE3. Desarrollar las perspectivas del Cuadro de	Conceptos Principales: - Gestión - Control de Gestión - Cuadro de Mando Integral  Conceptos Secundarios: - Según la	1. Desarrollo del Análisis Estratégico. 2. Determinación de los objetivos estratégicos. 3. Diseño y Validación del Mapa Estratégico. 4. Desarrollo de las Perspectivas. 5. Elaboración de Diagrama, Esquema o Gráfica del Cuadro de Mando Integral.

Mando Integral para el área bajo estudio que permita facilitar el control de gestión correspondiente

particularidad del tema

### 5.3.3 Gestión de la Calidad

En la Tabla 8 se presenta la estructura y descripción de los elementos a considerar en los trabajos de Memoria para el campo de *Gestión de la Calidad* según [20-24].

**Tabla 8.** Clasificación de los Trabajos de Títulos del campo Gestión Estratégica

Temática	Objetivo General	Objetivos Específicos	Marco Teórico	Actividades de la Metodología
Sistema de Gestión de Calidad	Diseñar un Sistema de Gestión de la Calidad para...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio desde el punto de vista normativo. OE2. Establecer los componentes del sistema para el correcto funcionamiento del área bajo estudio según los aspectos normativos. OE3. Elaborar el soporte documental del sistema para el área bajo estudio que permita su correcta aplicación.	Conceptos Principales: - Calidad (Gestión de la Calidad, Aseguramiento de la Calidad) - Mejora Continua - Normas ISO 9000  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Diagnóstico según Norma, cotejando Norma con situación actual de la empresa. 2. Establecimiento de los componentes del sistema: Estructura Organizacional, Planificación, Recursos (Físicos, Humanos, Materiales, Infraestructura), Procesos, Procedimientos. 3. Elaboración del soporte documental: Mapa Procesos, Manual de Calidad (Descripción del Sistema, Política, Objetivos), Manual de Procedimientos (Instructivos, Formatos, Registros).
Sistema de Gestión	Proponer un diseño (o rediseño) al sistema de gestión de...  Diseñar un Sistema de Gestión para...	OE1. Determinar la situación actual de la empresa (o área bajo estudio) en el ámbito de la gestión. OE2. Desarrollar los elementos que constituyen el sistema de gestión para el área bajo estudio bajo el contexto de la mejora continua OE3. Elaborar un plan de implementación del sistema de gestión para el área bajo estudio bajo el contexto de la mejora continua	Conceptos Principales: - Gestión - Sistema de Gestión - (Mejora Continua)  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción y Diagnóstico de la situación actual. 2. Construcción del Sistema (Políticas, Mapa de Procesos, Procesos, Procedimientos, Estructura, Funciones, Responsabilidades). 3. Propuesta de Plan de Implementación, considerando Elaboración de Plan de Acción.
Sistema Integrado de Gestión	Diseñar un Sistema Integrado de Gestión para...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio desde el punto de vista normativo. OE2. Establecer los componentes del sistema para el correcto funcionamiento del área bajo estudio según los aspectos normativos. OE3. Desarrollar estrategias de integración de los sistemas según los aspectos normativos. OE4. Elaborar el Manual de Gestión Integrada para el área bajo estudio que permita su correcta aplicación desde el punto de vista normativo	Conceptos Principales: - Gestión - Sistema Integrado de Gestión - Normas ISO  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Diagnóstico según Normas, cotejando Normas con situación actual de la empresa. 2. Estrategias de Integración: Propuesta de Estrategias, Validación, Establecimiento de Estrategia. 3. Elaboración Manual de Gestión Integrada: Descripción del Sistema, Objetivos, Política Integrada, Funciones y Responsabilidades, Procedimientos, Instrucciones y Registros.
Medición de la Calidad de Servicio	Medir la calidad del servicio de...	OE1. Determinar el modelo de evaluación de la calidad de servicio a aplicar en la situación bajo estudio OE2. Establecer la estrategia metodológica del área bajo estudio según el modelo utilizado	Conceptos Principales: - Calidad - Servicio - Calidad de Servicio - Modelo (mencionar	1. Establecimiento o Selección del Modelo a utilizar (Presentación de modelos, Criterios de Evaluación, Selección del Modelo por aplicar). 2. Determinación de la Estrategia Metodológica (Cálculo del tamaño de la muestra, Contextualización del instrumento de medición, Aplicación

OE3. Identificar los principales resultados que afecta la Calidad del Servicio según el contexto bajo estudio	modelo)	del instrumento de medición, Elaboración de Ficha Técnica).
OE4. Proponer acciones que permitan mejorar la Calidad del Servicio de la situación bajo estudio	Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	3. Identificación de los principales resultados que influyen en la calidad del servicio (Procesamiento de la información, Clasificación de Resultados, Consolidación de los resultados, Análisis de Resultados, Identificación de aspectos críticos). 4. Propuesta de acciones de mejora (Presentación de Propuestas, Evaluación de Propuestas estableciendo criterios de evaluación, Selección de Propuestas estableciendo y aplicando método de selección).

### 5.3.4 Gestión Estratégica

En la Tabla 8 se presenta la estructura y descripción de los elementos a considerar en los trabajos de Memoria para el campo de *Gestión Estratégica* según [25-26].

**Tabla 8.** Clasificación de los Trabajos de Títulos del campo *Gestión Estratégica*

Temática	Objetivo General	Objetivos Específicos	Marco Teórico	Actividades de la Metodología
Plan Estratégico	Elaborar un Plan Estratégico para... (indicar período)	OE1. Realizar un análisis estratégico para el área bajo estudio bajo el contexto de una planificación estratégica OE2. Establecer los objetivos estratégicos y las estrategias correspondientes para el área bajo estudio en el contexto de una planificación estratégica OE3. Elaborar los planes de acción para el área bajo estudio según las estrategias establecidas	Conceptos Principales: - Planificación - Planificación Estratégica - Análisis Estratégico  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Desarrollo del Análisis Estratégico. 2. Determinación de los objetivos estratégicos. 3. Establecimiento de las estrategias para cada objetivo estratégico. 4. Elaboración de los planes de acción para cada estrategia.
Estrategias de Negocio	Proponer estrategias de negocio para...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el contexto de su negocio. OE2. Establecer objetivos estratégicos del área bajo estudio en función de los análisis realizados. OE3. Desarrollar estrategias de negocio para el área bajo estudio que permitan establecer directrices concretas.	Conceptos Principales: - Gestión - Análisis Estratégico - Estrategias de Negocio  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción de la situación actual bajo estudio. 2. Diagnóstico de la situación actual bajo estudio. 3. Descripción del mercado. 4. Análisis Estratégico. 5. Identificación de los factores clave que influyen en el negocio. 6. Determinación de objetivos estratégicos. 7. Presentación de Estrategias, señalando: Objetivo de la Estrategia, Descripción, Justificación, Principales Actividades para su implementación con tiempos de implementación, Costos Asociados a la Estrategia.
Plan de Negocio	Elaborar un Plan de Negocio para...	OE1. Describir el Modelo de Negocio de la situación bajo estudio de acuerdo con el alcance el plan OE2. Desarrollar los componentes del Plan de Negocio de la situación bajo estudio que permitan consolidar el documento final. OE3. Elaborar un Plan de Implementación del negocio que oriente a un potencial inversionista	Conceptos Principales: - Plan de Negocio (como concepto general) - Componentes del Plan de Negocios (descripción de cada componente). - Gestión	1. Resumen ejecutivo: resumen y conclusiones. 2. Descripción y visión del negocio: información que permita entender el negocio y la descripción de los productos y los servicios que ofrece. 3. Análisis del mercado: descripción del sector en el que el negocio compite o competirá. 4. Planeamiento estratégico: una estrategia de planeamiento que nos permita saber dónde estamos y hacia dónde vamos, así como cuáles son

			Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	nuestras fortalezas y debilidades. 5. Estrategia de comercialización y ventas: estrategia que se va a seguir para distribuir y vender los productos. 6. Análisis del proceso productivo: cómo se tiene que organizar para producir, qué insumos, maquinaria, etc., son necesarios. 7. Análisis económico financiero: cuántos ingresos y egresos se va a tener. 8. Propuesta de Implementación del Plan de Negocios (Elaboración de Plan o Planes de Acción).
Diseño (Rediseño) Organizacional	Elaborar un diseño (o Rediseño) organizacional para (una determinada empresa o unidad)	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el contexto organizacional OE2. Establecer las funciones necesarias para el correcto funcionamiento del área bajo estudio en el contexto organizacional OE3. Generar la estructura y organización que permitan el correcto desempeño del área bajo estudio en el contexto de la mejora continua	Conceptos Principales: - Diseño Organizacional - Procesos - Mejora Continua  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Descripción y Diagnóstico del área bajo estudio. 2. Identificación de funciones a realizar. 3. Descripción del funcionamiento. 4. Elaboración de Procedimientos. 5. Propuesta de Estructura Organizacional. 6. Descripción de responsabilidades por cargo.

### 5.3.5 Gestión de la Información

En la Tabla 9 se presenta la estructura y descripción de los elementos a considerar en los trabajos de Memoria para el campo de *Gestión de la Información* según [27-31].

**Tabla 9.** Clasificación de los Trabajos de Títulos del campo Gestión de la Información

Temática	Objetivo General	Objetivos Específicos	Marco Teórico	Actividades de la Metodología
Sistema de Información	Diseñar un sistema de información para...	OE1. Determinar la situación actual del área bajo estudio en el ámbito informático OE2. Definir los requerimientos de información y especificaciones para el área bajo estudio en el contexto del diseño del sistema de información OE3. Desarrollar el Modelo de Datos para el área bajo estudio en el contexto del sistema de información OE4. Desarrollar el Modelo de Procesos para el área bajo estudio en el contexto del sistema de información OE5. Elaborar los documentos de diseño para el área bajo estudio que permitan una correcta implementación del sistema de información	Conceptos Principales: - Sistemas de Información - Gestión - Procedimientos  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Diagnóstico del área bajo estudio. 2. Definición de problemáticas 3. Definición de requerimientos de información y especificaciones de diseño. 4. Desarrollo del Modelo de Datos. 5. Desarrollo del Modelo de Procesos 6. Propuesta de Implementación, elaborando de documentos pertinentes.
Ciencia de Datos aplicada a la toma de decisiones estratégicas	Ajustar modelos de aprendizaje automático en [temática del trabajo a desarrollar].	OE1. Determinar la situación actual del proceso de [temática del trabajo a desarrollar] OE2. Desarrollar modelos de aprendizaje automático del proceso de [temática del trabajo a desarrollar] OE3. Evaluar los modelos de aprendizaje automático del	Conceptos principales: - Aprendizaje Automático. - Inferencia Estadística - Gestión de Procesos - Decisiones	1. Descripción del Proceso. 2. Diagnóstico de Proceso. 3. Procesamiento Preliminar de los datos. 4. Desarrollo de modelo de aprendizaje automático, incluyendo la Identificación y recopilación de datos. 5. Evaluación y Selección del modelo de aprendizaje automático.

		proceso de [temática del trabajo a desarrollar] OE4. Evaluar diferentes escenarios para el modelo de aprendizaje automático seleccionado que permita la toma de decisiones estratégicas	Estratégicas  Conceptos secundarios - Según la particularidad del tema	6. Evaluación de los escenarios para la toma de decisiones estratégicas.
Evaluación de impacto de alguna situación específica dentro de una organización /empresa o rubro	Evaluar el impacto de...	OE1. Establecer factores y criterios para el área bajo estudio que permitan evaluar el impacto de [temática del trabajo a desarrollar] OE2. Identificar resultados relevantes para el área bajo estudio que permitan realizar los análisis pertinentes OE3. Desarrollar estrategias de mejora para el área bajo estudio en el ámbito de [temática del trabajo a desarrollar]	Conceptos Principales: - Gestión - Control de Gestión - Estrategia  Conceptos Secundarios: - Según la particularidad del tema	1. Establecimiento de factores o variables a medir, 2. Establecimiento de criterios de evaluación. 3. Elaboración Instrumento de Evaluación, considerando validación. 4. Procesamiento de la información, 5. Clasificación de Resultados. 6. Análisis de Resultados. 7. Propuestas de estrategias de mejora, considerando Objetivo de la Estrategia, Descripción, Justificación, Principales Actividades para su implementación con tiempos de implementación, Costos Asociados a la Estrategia.

## 6. CONCLUSIONES

El material generado por el equipo de académicos investigadores, autores del presente documento, como herramienta de apoyo para los estudiantes de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad Arturo Prat, ha permitido a quienes comienzan el proceso de titulación contar con orientaciones que generan una sólida base para el desarrollo de su trabajo de título, facilitando su quehacer y disminuyendo significativamente el tiempo de dedicación con miras a la culminación de su trayectoria formativa.

Lo planteado en este documento no restringe ni limita al egresado o egresada para que desarrolle solamente las temáticas aquí presentadas, pero sí contribuye a ampliar su mirada sobre qué temas puede desarrollar y también permite dilucidar aquellas dudas que son válidas a la hora de comenzar un trabajo de titulación, tales como: *¿Qué puedo hacer? ¿Estará bien planteado lo que quiero hacer? ¿Qué objetivos debo considerar? ¿Cómo puedo enfocar mi tema?* entre otros.

Además, no se debe perder de vista el propósito central del material elaborado que es contribuir a la titulación oportuna de los estudiantes de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad Arturo Prat, aportando de esta forma a su crecimiento tanto personal como profesional y a la movilidad social, en beneficio de ellos y de su entorno.

Finalmente, este trabajo de investigación pretende contribuir al conocimiento existente sobre el proceso de titulación al proporcionar una visión más profunda y una comprensión más sólida de este tema. Los resultados obtenidos tienen implicaciones significativas que brindan una base sólida para futuras investigaciones en este campo. Se espera que este estudio estimule el debate y fomente el desarrollo de nuevas ideas y enfoques con implicancia en otras universidades.



## REFERENCIAS

- [1] Acreditación agencia acreditadora. (2017). Resolución de acreditación No. 690: Acoge recurso de reposición presentado por la Universidad Arturo Prat carrera ingeniería civil industrial. *Entramado* 7, 86-97.
- [2] Agencia Acreditadora Acredita Acción. (2017). Resolución de acreditación No. 690.
- [3] Universidad Arturo Prat. (2011). Decreto Exento No. 847.
- [4] Alirio J. (2019). Fundamentos para la redacción de objetivos en los trabajos de investigación de pregrado. *Mextesol Journal* 43, 1-8.
- [5] La Universidad en Internet. (2020). ¿Por qué es importante un título universitario y qué dice de ti como profesionalista? Recuperado: <https://mexico.unir.net/vive-unir/importancia-titulo-universitario-profesionista/>
- [6] Universidad Austral de Chile. (2018). Escuela Ingeniería Civil Industrial. Reglamento de titulación escuela de ingeniería civil industrial universidad austral de Chile, sede Puerto Montt. Recuperado: <http://icipm.uach.cl/wp-content/uploads/2018/08/14.1-Normativa-Interna-Titulacio%CC%81n-ICI-copia.pdf>
- [7] Escuela de Ingeniería. (2020). Reglamento de Titulación. Recuperado: <https://www.fing.usach.cl/es/reglamento-de-titulacion>.
- [8] Universidad de Antofagasta. (2015). Departamento de Decretación Secretaría General. Recuperado: [http://transparencia.uantof.cl/index.php?action=plantillas\\_generar\\_archivo&ig=17&m=10&a=2015&ia=1258](http://transparencia.uantof.cl/index.php?action=plantillas_generar_archivo&ig=17&m=10&a=2015&ia=1258)
- [9] Espinoza O. (2017). Privatización de la educación superior en Chile: consecuencias y lecciones aprendidas. *Eccos revista científica* 44, 175-202.
- [10] Castro C. et al. (2021). Pérdida de acreditación institucional y sus efectos sobre la retención de primer año: Universidad de Las Américas 2010-2014, Chile. *Formación universitaria* 14, 39-52.
- [11] EducaLT. (2023). Profesionales titulados para 2022 crecen un 37%. Recuperado: <https://www.educalt.com/cuantos-profesionales-titulados/>
- [12] OECD. (2019). Panorama de la educación 2019. Recuperado: [https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance/EAG2019\\_CN\\_CHL\\_Spanish.pdf](https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance/EAG2019_CN_CHL_Spanish.pdf)
- [13] Hernández C. y Carpio N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta. Revista científica del instituto nacional de salud* 1, 75-79.
- [14] Bravo J. (2019). *Gestión de procesos*. Editorial Evolución.
- [15] Heizer J. y Render B. (2009). *Administración de operaciones*. Prentice Hall.
- [16] Castillo A. y Espinosa C. (2018). *Gestión de operaciones con enfoque de servicios*. Editorial Universo Sur.
- [17] Gómez I. y Brito J. (2020). *Administración de operaciones*. Editorial Universidad Internacional del Ecuador.
- [18] Pizzi C. (2021). *Planteamiento estratégico: Control de gestión sustentable, creando pymes con futuro*. SB Editorial.
- [19] Acevedo D. (2019). *Medición y control de la gestión y resultados*. Editorial Ediciones de la U.
- [20] Cordovés D. (2022). *Dirección empresarial: Sistemas de gestión e innovación*. Editorial Universitaria.
- [21] Evans J. y Lindsay W. (2014). *Administración y control de la calidad*. Editorial Cengage learning.
- [22] Abril C. et al. (2010). *Guía para la integración de sistemas de gestión*. FC Editorial.
- [23] Instituto Nacional de Normalización. (2021). *Compendio de normas chilenas*.
- [24] Martínez C. (2022). *Modelos de calidad y su evaluación*. Editorial UNED.
- [25] Arellano D. (2004). *Gestión estratégica para el sector públicos: del pensamiento estratégico al cambio organizacional*. Editorial FCE.
- [26] Rodero J. (2019). *Estrategia empresarial práctica: Del diagnóstico a la implantación*. Editorial RA-MA.
- [27] Agudelo M. (2005). *La gestión tecnológica como herramienta de planeación estratégica y operativa para las unidades de información*. Editorial Red Universidad de Antioquia.
- [28] Rodríguez J. (2015). *Planificación y dirección estratégica de sistemas de información*. Editorial UOC.
- [29] Devece C. et al. (2016). *Introducción a la gestión de sistemas de información en la empresa*.
- [30] Maldonado S. (2022). *Analytics y big data: Ciencia de los datos aplicada al mundo de los negocios*. Editorial RIL.
- [31] García E. et al. (2021). *Fundamentos de la ciencia de datos*. Editorial Universidad de Alcalá.

# Diseño de una central de apuntes estudiantiles como agente de acompañamiento académico para estudiantes universitarios

Francisco Javier Cartes Arenas<sup>1</sup>  
Jammy Denisse Robledo Monroy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Arturo Prat*

<sup>2</sup> *Independiente*

Chile

Se presenta el diseño de una Central de Apuntes Estudiantil Universitaria como propuesta pedagógica cuyo objetivo es potenciar el apoyo entre estudiantes. Esta iniciativa surge de la necesidad de cooperación entre los estudiantes en el transcurso de la vida universitaria, considerando las dificultades que aparecen al momento de adquirir o establecer métodos de estudios, toma de apuntes y prácticas para evaluaciones. Se utilizaron dos metodologías para este estudio: por un lado, el proceso de planificación como diseño de la investigación, implementando los procesos, procedimientos, métodos y las técnicas de recopilación de la información necesaria para efectos del estudio; y una metodología mixta para analizar la percepción y opinión de los estudiantes con respecto al apoyo que podría entregar una iniciativa como un Centro de Apuntes estudiantiles. La Central de Apuntes Estudiantil pretende operar con aquellos apuntes elaborados por los estudiantes en conjunto con los profesores de la Universidad Arturo Prat, y también con la aceptación de material de estudiantes, profesores y universidades externas, con el propósito de que los usuarios tengan acceso a una amplia colección de material de estudio. Implementar propuestas pedagógicas similares a las Centrales de Apuntes permite lograr diversos objetivos: desarrollar la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, gestionando el aporte a otros estudiantes con apuntes y observaciones de clases similares; generara lazos académicos con estudiantes de otras instituciones que utilicen los apuntes compartidos o bien aporten con apuntes; y concientizar a profesores y estudiantes sobre las temáticas que pueden ser percibidas como complicadas a nivel internacional.

---

<sup>1</sup> Magíster en Ciencias mención Matemática Aplicada. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)

<sup>2</sup> Técnico Nivel Superior en Comercio Exterior. Contacto: [jrobledomonroy@gmail.com](mailto:jrobledomonroy@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

El ingreso a instituciones de educación superior e inserción a la vida universitaria representan un gran desafío para los estudiantes, tanto para aquellos que abordan este proceso desde la continuidad de la Enseñanza Secundaria, como para aquellos que retoman la vida académica después de algunos años. En ambos casos, los estudiantes se enfrentan a nuevos panoramas y experiencias, además de las exigencias que precisarán de su habilidad de adaptación, como también a la manera en que desarrollan las técnicas de estudio que podrían ser deficientes o en algunos casos inexistentes.

Por otro lado, la deserción universitaria y las tasas de reprobación son problemáticas que se pueden abordar desde diferentes aspectos y que pueden estar relacionados con diversos factores tales como el social, emocional, la autopercepción, vivencias personales presentadas durante toda la vida escolar, entre otros. Según [1], la estabilidad académica del estudiante depende de diversos factores que deben coexistir en armonía y que, ante la falla de alguno de estos, los otros deben responder correctamente a fin de mantener la permanencia del estudiante.

Es por esto por lo que las instituciones tienen la constante tarea de identificar las causas que estén propiciando el aumento de las tasas de reprobación y deserción con el objetivo de atenderlas, mejorarlas y con ello permitir al estudiantado cumplir con su proyecto académico. Por tal motivo, es necesario poner énfasis respecto de lo que cada Universidad puede contribuir a mejorar en estos temas y esto es básicamente entregar herramientas para que los estudiantes puedan desarrollar la competencia de trabajo colaborativo, adaptarse y desenvolverse de mejor forma, promover la socialización y apoyo entre ellos y los profesores.

En este capítulo se presenta el diseño de una propuesta pedagógica cuyo objetivo es potenciar el apoyo entre estudiantes, de una Central de Apuntes Estudiantil Universitaria. Esta iniciativa surge de la necesidad de cooperación entre los estudiantes en el transcurso de la vida universitaria, considerando las dificultades que surgen al momento de adquirir o establecer métodos de estudios, toma de apuntes y prácticas para evaluaciones.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Reseña histórica de las bibliotecas

Las bibliotecas son por antonomasia las fuentes de búsqueda del aprendizaje y conocimiento más antiguas y conocidas del mundo. Estas en el transcurso del tiempo y en el desarrollo mismo de la humanidad han ido experimentando una serie de transformaciones que han permitido que hasta el día hoy se mantengan vigentes. En [2] se menciona que, en Roma en el 39 de la era común, en el templo de la libertad se fundó la biblioteca pública de Asinio Polión, que hoy en día se considera la precursora de esta tipología, no obstante, es en el siglo XVI donde hay un avance importante en el desarrollo de las bibliotecas, comienza a generarse mayor interés respecto de estas, por el conocimiento y la cultura.

Es preciso comprender la evolución histórica de las bibliotecas, la forma en que ha ido adaptándose a través del tiempo sin perder su esencia y cómo esta adaptación ha permitido que actualmente exista un gran número de bibliotecas de distintos tipos y con distintos fines. Lo señalado anteriormente pasa básicamente porque la biblioteca ha dejado de ser tan solo un lugar de almacenamiento de libros e información, el rol que hoy en día juega en la sociedad es mucho más activo, cada tipo de biblioteca cumple una función y la variedad existente de estas permite que los usuarios tengan acceso a grandes colecciones, como también posibilita que haya bibliotecas especializadas en temas que puedan requerir espacios propios, como lo son las bibliotecas del área de medicina.

El desarrollo de las bibliotecas ha tenido como efecto el surgimiento de una tipología sobre estas, su diversificación ha permitido que las bibliotecas hayan podido perdurar y consagrarse como una de las principales fuentes de conocimiento utilizada por la sociedad, esto por medio de la respuesta que han dado a la satisfacción de las necesidades que nacen de los usuarios a través del tiempo. Entidades como la

UNESCO y otras [3, 4] han clasificado las distintas tipologías y aunque coinciden al incluir en sus catálogos algunos tipos de bibliotecas, las definiciones y la tipología a usarse en este capítulo será la desarrollada por la clasificación que [3] considera:

- *Bibliotecas nacionales*: Es la encargada de adquirir y preservar todo documento publicado que tenga origen en el país donde se encuentra ubicada.
- *Bibliotecas escolares*: Está vinculada a los recintos educacionales primarios y secundarios a fin de prestar apoyo y dar acceso a los estudiantes y profesores, como también a usuarios externos.
- *Otras bibliotecas*: Corresponden a bibliotecas especiales, gubernamentales, de medicina, comercio y todas las demás tipologías no contempladas en las categorías de este informe.
- *Bibliotecas académicas*: En esta categoría se encuentran las bibliotecas de instituciones de educación superior y las de investigación general, tienen por objeto dar acceso a información para la investigación y aprendizaje.
- *Bibliotecas comunitarias*: Son aquellas que prestan sus servicios a la comunidad, su financiamiento y administración es otorgado por organizaciones benéficas, grupos de la comunidad y organizaciones no gubernamentales, aunque también pueden recibir aportes públicos.
- *Bibliotecas públicas*: Sus servicios están orientados a un sector de la población, aunque el acceso a estos está destinado a todo público. Sus servicios básicos son gratuitos o poseen una tarifa subsidiada y se financia parcial o totalmente con fondos públicos.

El concepto de biblioteca pública nace en Roma, siendo la biblioteca de Asinio Polión la precursora de esta tipología que ya en el siglo XVII se consagra como tal producto del interés de los hombres acaudalados por masificar el conocimiento. En este sentido, la biblioteca pública funcionaba mediante un sistema de préstamos condicionado a una garantía económica. Además de la consagración de la biblioteca pública como tal, también surge la figura del bibliotecario, por lo que la biblioteca pública además de ser una fuente de conocimiento, también se convierte en una fuente de trabajo [2].

La concepción moderna que hay sobre la biblioteca pública surge en el siglo XIX y ya en el siglo XX se establece como tal, la UNESCO en este sentido publicó un manifiesto sobre la biblioteca pública, en este no solo la define, sino que también detalla cuál es su finalidad en relación con los servicios que prestará ante la sociedad.

La biblioteca pública entrega sus servicios a todas las personas sobre la base de igualdad, procurando además garantizar el acceso a aquellas personas con capacidades diferentes, enfermos y reclusos. Este tipo de biblioteca debe contar con todo tipo de medios, servicios bibliotecológicos y tecnologías modernas, además de los elementos más tradicionales [5]. Dentro de las funciones que se señala en este manifiesto, se indican entre otras las siguientes:

- Crear y consolidar el hábito de la lectura en los niños desde los primeros años.
- Prestar apoyo a la auto-educación y la educación formal de todos los niveles.
- Brindar posibilidades para un desarrollo personal creativo.
- Estimular la imaginación y creatividad de niños y jóvenes.
- Sensibilizar respecto del patrimonio cultural y el aprecio de las artes y las innovaciones y logros científicos.
- Garantizar a todos los ciudadanos el acceso a la información comunitaria.
- Prestar apoyo a programas y actividades de alfabetización destinados a todos los grupos de edad, participar en ellos y, de ser necesario, iniciarlos.

En [5] se aclara el concepto equívoco que pueda tenerse de este tipo de biblioteca, generalmente se le asocia como un complemento de las bibliotecas universitarias o escolares, o que más bien supe las falencias que puedan presentar estas, sin embargo son mucho más que eso, el espíritu de la biblioteca pública es poder servir a la sociedad como una fuente de conocimiento de libre acceso, tanto para aquellas personas que tengan la necesidad de reforzar el aprendizaje, como para aquellos que están en la búsqueda constante de este. En este sentido, en [6] se señala que:

*En todo caso, no debemos conformarnos con la creencia de que la biblioteca sea una ayuda para que otras instituciones eduquen, pues supondría auto-limitar como bibliotecarios la dimensión de nuestros servicios, y obviar que el concepto de aprendizaje permanente ha ampliado el concepto de educación, que va más allá de lo que es la educación reglada o formal, implicando a nuevos agentes o mediadores del aprendizaje, como los bibliotecarios.*

Esto es parte del carácter social que posee la biblioteca pública, trabajos como [7] indica que:

*Es así como la finalidad de la biblioteca pública, concebida básicamente como apoyo al sistema escolar, se amplía hacia el acceso libre y gratuito a la información y al conocimiento, la dinamización de la cultura y al desarrollo de las personas y comunidades.*

La tipología elaborada en [3] no profundiza mayormente sobre la biblioteca universitaria, las aborda como parte de las bibliotecas académicas y no como una individual, en este sentido y para el desarrollo de este capítulo será necesario indagar más en este tipo, conocer la labor que desempeña dentro de la Educación Superior y la importancia que tiene para que las Universidades lleven a cabo su proyecto académico. La biblioteca universitaria es un espacio donde la comunidad académica puede acceder a las colecciones bibliográficas y además es una herramienta que facilita el desarrollo académico de los estudiantes y provee a los profesores, mecanismos que permiten dinamizar el proceso de enseñanza. En [8] se señala que:

*En primer lugar, las bibliotecas siguen siendo la estructura de apoyo esencial para que las universidades cumplan con sus objetivos de formación e investigación. Es su función tradicional y debe seguir siendo su misión prioritaria. Sin embargo, para responder adecuadamente a estos objetivos, las bibliotecas universitarias tienen que asumir los cambios que afectan tanto a las universidades como a la sociedad e incorporarlos a su desarrollo, a sus estrategias de gestión y a sus servicios.*

Parece lógico que la tarea de las universidades es trabajar en conjunto con todos los actores de la comunidad con el objetivo de impulsar cambios y mejoras respecto del funcionamiento de las bibliotecas. Entender la importancia de la biblioteca como instrumento fundamental en el proceso y desarrollo educativo no solo se debe limitar a comprenderla como tal, sino que también se hace indispensable accionar en favor al enriquecimiento de esta institución.

Además, se pueden considerar medidas tales como: ser agentes activos en la promoción de esta herramienta, buscar la colaboración con otras instituciones con el fin de acceder a más colecciones bibliográficas, destinar mayor presupuesto para adquisición de material y mejora de espacios, apoyar e incentivar iniciativas que permitan encontrar nuevas formas de contribuir en el avance de la biblioteca como el corazón de la universidad.

La apreciación que se puede tener sobre las bibliotecas es mucho más profunda de lo que se cree o se tiene conciencia, en este sentido en [9] se menciona que la biblioteca pública tanto en términos generales como específicos es una institución de carácter social, esto se debe en parte por la interacción que existe entre los distintos actores que intervienen en su funcionamiento y también, porque la labor que desempeñan los bibliotecarios influye en los individuos y en los grupos sociales. El uso de los servicios que presta la biblioteca pública contribuye al desarrollo de la ciudadanía, por tanto, es esencial para la sociedad y el Estado.

## **2.2 Tecnologías y aprendizaje**

Las nuevas tecnologías en las áreas de comunicación e información están constituyéndose como un elemento clave en los sistemas educacionales, esto tiene como resultado que las instituciones educativas se vean presionadas a destinar recursos en estas tecnologías para llevar a cabo la teoría y la práctica en [10]. El uso de la tecnología en la educación ha posibilitado la construcción de un nuevo sistema educacional [11], lo cual permite que:

1. No sea necesaria la presencialidad de los estudiantes y profesores para el desarrollo de las clases.
2. La flexibilidad de los participantes sobre sus propios horarios al no tener que concordar al mismo tiempo. La educación se ha transformado con la nueva era digital. La utilización constante de las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC han pasado a consolidarse como un recurso esencial en el aula.

La educación se ha transformado con la nueva era digital. El uso de las TIC de forma constante las ha transformado en un recurso fundamental dentro de las aulas [12].

El desarrollo de las TIC en Chile se da a principio de los 90's por medio del Programa Enlaces cuyo el objeto era proporcionar una nueva generación de recursos digitales, conseguir la nivelación de las competencias digitales en los profesores y eliminar de las instituciones escolares la brecha digital existente [13]. Los establecimientos educacionales descontinuarán el uso de documentos físicos tales como libros, manuales, y documentos escritos, los cuales serán sustituidos con herramientas tecnológicas con las que cada estudiante contará, esto permitirá que por medio de la información que encuentren, desarrollen su propio conocimiento, ideas y profundicen en la investigación [14].

Se parte con un problema de raíz, puesto que, pese a que gran parte de los estudiantes cuentan en sus hogares con computadores o celulares, existe parte de ellos que no manejan el conocimiento básico de estos y por ello es complejo para estos desarrollar algunos trabajos. Se advierte que no saben cómo copiar archivos entre dispositivos o, por ejemplo, resolver los problemas como la falla de la conexión. Lo anterior denota una carencia de partida y se pretende que los usuarios utilicen las TIC para aprender, sin antes haberlos instruido sobre las bases de estas, es decir, si queremos que los estudiantes hagan uso de estas herramientas para el aprendizaje, primero hay que enseñarles su funcionamiento [15].

La Comisión Europea publica en el 2013 un informe en el que solicita a las administraciones a ayudar y posibilitar que los profesores creen habilidades respecto educación de la era digital [15]. Por esta razón se instauran las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento TAC, las cuales particularmente están orientadas a las realidades educativas [16]. Las TIC son orientadas hacia prácticas más pedagógicas por medio de las TAC, con la finalidad que estudiantes y profesores aprendan más y mejor [17]. Alcanza la construcción de un conocimiento masivo de alto impacto proyectado desde el aula a la sociedad, son consideradas la culminación de un proceso educativo [16]. Además, se señala que:

*Las TIC, las TAC y las TEC poseen la facultad de integrar intereses y ponerlos al servicio de la formación de los jóvenes. Si bien las TIC, TAC y TEC, son herramientas pensadas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, no se limitan solo a eso, estas herramientas útiles para hacer visible situaciones que viven los individuos en su cotidianidad desde procesos académicos en su contexto y con ello lograr acciones para transformar entornos signados por la inequidad y el atraso, como ocurre actualmente, por medio de la realización de estrategias innovadoras educativas, las cuales son pertinentes para crear conciencia en los jóvenes, su familia y su comunidad.*

La toma de apuntes en clases permite a los estudiantes retener y procesar mejor el contenido que se está enseñando, en este sentido se requiere de un análisis de lo que se está escuchando, como también que se tenga la capacidad de sintetizar la información que se está recibiendo para poder plasmarla, al respecto en [18] se señala que *tomar apuntes es el desarrollo de una habilidad para mantener una escucha activa en clases para que el estudiante mantenga su interés en el tema y su motivación de aprender.*

### 2.3 Transición a la vida universitaria

Los estudiantes que realizan esta transición desde la Educación Media a la Superior experimentan un cambio brusco al asumir más responsabilidades, tales como la presión de aprobar las distintas asignaturas lo que les obliga a administrar sus tiempos y encontrar un método de estudio que les sea funcional. A lo anterior se agrega lo señalado en [19]:

*El inicio de la vida universitaria implica para el estudiante hacer un reconocimiento de su recorrido histórico-académico para identificar si le permitirá iniciar, sostenerse y llevar a cabo su proyecto académico.*

Según [20]:

*Las predisposiciones iniciales hacia el aprendizaje académico de los estudiantes de primer año de cada una de las carreras son bastante similares, observándose en la mayoría de los casos las mismas dificultades para enfrentar las tareas y exigencias académicas, las que se relacionan fundamentalmente con la comprensión lectora, organización escolar, profundización en el estudio, capacidad de análisis y síntesis, percepción personal sobre la exigencia.*

Es necesario que las instituciones de Educación Superior desarrollen estrategias que permitan a los jóvenes realizar su proceso de adaptación de forma más sencilla, esto aportaría a que los estudiantes disminuyeran los niveles de estrés derivados de la carga académica y los cambios asociados al proceso de transición de la adolescencia a la adultez.

Existe otro grupo de estudiantes que son de un rango etario diferente, más adultos, con trabajos, responsabilidades y vidas familiares que deben coexistir con sus estudios, estudios que están siendo retomados o iniciados después de haber sido postergados durante años. En [21] se indica que era necesario priorizar el *aprender a aprender*, en este sentido, Garita también señala que, la forma en que los mayores se enfrentan a nuevos desafíos y los métodos de aprendizaje que poseen han sido adquiridos de forma inconsciente, porque no se les ha instruido y por tanto una minoría de ellos no saben cómo emplearlos correctamente. En este sentido es preciso que los adultos que se enfrentan al desafío de iniciar o retomar la vida académica logren crear técnicas de estudio eficientes para maximizar los tiempos de aprendizaje, ya que dada las múltiples tareas que llevan a lo largo de su día a día, el tiempo de estudio que poseen es bastante acotado.

Con el paso de los años el avance tecnológico ha impactado significativamente en el área de la educación, surge la Andragogía como propuesta educacional enfocada en la enseñanza para los adultos, permitiendo que este sector sea parte de un cambio en la forma de educar, en [22] se plantea que:

*La andragogía se inserta dentro del proceso universitario con una fuerza insospechada, para que desde su episteme pueda incidir en la praxis académica para conferirle al proceso de enseñanza-aprendizaje, fluidez, horizontalidad, sinergia e íntima relación entre sus actores fundamentales, llevándolo de la mano hacia una vertiente de orientación-aprendizaje.*

También, el surgimiento de plataformas educativas ha posibilitado que los estudiantes de otras edades tengan la oportunidad de integrarse con mayor facilidad a la vida universitaria, en este sentido [23] señala que la existencia de tecnología Mass media durante el siglo pasado no garantizó que las plataformas pedagógicas fueran de libre acceso para el adulto trabajador. El enfoque y atención que se le puede dar a la andragogía permitiría darle un nuevo giro a la educación, no solo satisfacer la necesidad de educar a los estudiantes, sino poder generar un impacto real en el desarrollo académico.

Para los dos grupos de estudiantes mencionados, se hace imprescindible la existencia de mecanismos de apoyo por parte de las Universidades a través de diferentes iniciativas y también, la colaboración entre los pares sería una técnica importante de potenciar, ya que permitiría que el proceso de aprendizaje sea más práctico. En [21] se ha señalado que:

*Al interactuar, los estudiantes crean un ambiente único e irrepetible de construcción del conocimiento, esta colaboración, conocida como aprendizaje cooperativo, es una técnica excelente a nivel universitario porque los estudiantes pueden utilizarla para clarificar y ordenar sus ideas, y también pueden contar sus conclusiones a otros estudiantes, lo cual, además, les da la oportunidad de exponer lo aprendido.*

### 3. MÉTODO

#### 3.1 Diseño de la investigación

Se utilizaron dos metodologías para este estudio. Por un lado, el proceso de planificación [24] como diseño de la investigación, implementando los procesos, procedimientos, métodos y las técnicas de recopilación de la información necesaria para efectos del estudio. Mientras que para analizar la percepción y opinión de los estudiantes con respecto al apoyo que podría entregar una iniciativa como un Centro de Apuntes estudiantiles, se utilizó una metodología mixta [25].

### 3.2 Instrumento

Para la recolección de datos se diseñó un instrumento mixto, compuesto por una pregunta abierta y siete preguntas cerradas con diferentes escalas de respuestas. La pregunta abierta tiene la finalidad de indagar sobre las dificultades que los estudiantes tienen al momento de estudiar.

Mientras que las preguntas cerradas están distribuidas en tres dimensiones, a saber, *Dedicación al estudio* con dos ítems, *Registro de información en clases* con tres ítems y *Aporte de una Central de Apuntes Estudiantil* con dos ítems. Este instrumento fue compartido con los participantes de la muestra con un tiempo estimado de diez minutos para responderlo.

### 3.3 Participantes

La muestra fue de 41 estudiantes y fue elegida por un muestreo aleatorio simple [26] a un nivel de confianza de 95% y un 5% de error. Los integrantes de la muestra corresponden a estudiantes matriculados en primer año de la carrera Técnico Nivel Superior de Comercio Exterior. El 63,4% de la muestra fue de género femenino y el 36,6% masculino, con medias de edades 27,1 años y 26,9 años, respectivamente.

En la Tabla 1 se exhibe un resumen de la información personal de los participantes, de donde se observa que la mayoría de los estudiantes trabaja (85,4%), ya sea de forma dependiente (58,6%) o de forma independiente (26,8%). Además, la mayoría de los estudiantes (65,9%) no tiene hijo. Mientras que el 51,2% está comprometido (43,9%) o casado (7,3%).

**Tabla 1.** Resumen información personal

Ítems	Cantidad	Porcentaje
<i>Situación laboral</i>		
Desempleado	6	14,6%
Empleado	24	58,6%
Trabajo independiente	11	26,8%
<i>Número de hijos</i>		
0	27	65,9%
1	6	14,6%
2	3	7,3%
3	3	7,3%
Más de 3	2	4,9%
<i>Estado civil</i>		
Soltero	20	48,8%
Comprometido	18	43,9%
Casado	3	7,3%

### 3.4 Revisión documental

Se llevó a cabo una revisión documental a través del levantamiento de información de páginas web de ocho instituciones de educación superior nacionales e internacionales a nivel de Latinoamérica, para analizar y describir la existencia y funcionamiento de iniciativas similares a las Centrales de Apuntes a cargo de estudiantes.

### 3.5 Procedimiento

Con la finalidad de sondear sobre ciertos hábitos de estudios de los estudiantes de primer año de la carrera Comercio Exterior, se diseñó y aplicó el instrumento mixto al final del segundo semestre de 2022. La importancia de realizar este sondeo al final del año académico es porque se consideró que los estudiantes ya habían adquirido la experiencia académica de haber cursado los dos primeros semestres universitarios y por lo tanto pueden aportar con información sobre debilidades y fortalezas en el proceso de aprendizaje durante este periodo. Una vez recogida la información a través de la aplicación del instrumento, se realizó un análisis descriptivo por cada reactivo. El objetivo de este análisis fue indagar las opiniones declaradas por los estudiantes según las alternativas seleccionadas en las diferentes escalas.



Con respecto a la pregunta abierta, relacionada con las dificultades que se les presentaron a los estudiantes al momento de estudiar durante el año, se plasmaron las opiniones en una tabla, en la cual a cada estudiante se le asignó un número junto a su respuesta. Posteriormente, se describieron los factores más frecuentes que causan dificultades para estudiar.

En relación con el tema ético se incluyó en la aplicación de la escala un consentimiento informado en el cual se les garantizó a los participantes el anonimato. Se señaló, también, que la participación era voluntaria y los resultados del estudio estaban orientados solo a fines científicos y educativos.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Resultados del instrumento

#### 4.1.1 Resultados de la pregunta abierta

En la Tabla 3 se presentan las opiniones de los estudiantes sobre las dificultades que tienen al momento de estudiar. Según las opiniones recogidas, el 41,5% de los estudiantes indicó que el *trabajo* y la falta de *tiempo* es la dificultad al momento de estudiar.

**Tabla 3.** Resultados sobre las dificultades que tienen los estudiantes al momento de estudiar

Estudiante	P1. ¿Cuáles son las dificultades al momento de estudiar?
1	El trabajo
2	Tiempo
3	El tiempo
4	El trabajo
5	Mi trabajo y mis horarios que salgo del trabajo
6	El tiempo y me cuesta concentrarme
7	La distribución eficiente del tiempo en relación con el tiempo dedicado al trabajo, el ocio (...)
8	Ninguna
9	Ninguna
10	El tiempo y buscar el material de estudio
11	Concentración
12	Aprenderlo de memoria
13	La desorganización
14	Me cuesta concentrarme
15	El tiempo
16	Concentrarme
17	Mi trabajo
18	Me distraigo mucho con el teléfono
19	El tiempo que me queda entre el trabajo e ir a la universidad
20	Ninguna
21	Las distracciones del ambiente
22	Muchos pendientes en el trabajo y hogar
23	No entender
24	Concentración
25	Tiempo
26	Trabajar y tiempo, atender mi propio negocio y tener nuevas innovaciones
27	Que no haya estudiado algo en específico
28	El trabajo
29	Distracción
30	Tranquilidad
31	Números
32	Mi trabajo
33	El trabajo, más encima que la mayoría de las tareas son grupales y no hay tiempo para juntarse a estudiar
34	Falta de espacio y tiempo (debido a que trabajo)
35	El entorno, los horarios
36	Infraestructuras, el mal estado sillas
37	El ruido

#### 4.1.2 Resultados de las preguntas cerradas

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la dimensión *Dedicación al estudio*. De estos resultados se observa que la mayoría de los estudiantes, correspondientes al 43,9%, afirmó que dedica entre 1 y 5 horas de estudio semanalmente, seguidos por el 26,8% que dedica entre 6 y 10 horas.

Mientras que la minoría de los estudiantes, equivalentes al 4,9%, señaló que dedica entre 26 y 30 horas de estudio a la semana. Por otro lado, el 41,5% de los encuestados declaró estudiar solo para las evaluaciones, el 43,9% señaló que estudia a veces y el 14,6% indicó que estudia siempre.

**Tabla 4.** Resultados dimensión Dedicación al estudio

<b>P2. Cantidad aproximada de horas de estudio semanal</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
De 1 a 5 horas	18	43,9%
De 6 a 10 horas	11	26,8%
De 11 a 15 horas	4	9,8%
De 16 a 20 horas	3	7,3%
De 21 a 25 horas	3	7,3%
De 26 a 30 horas	2	4,9%
<b>P3. Situaciones para las cuales estudia</b>		
Solo para las evaluaciones	17	41,5%
A veces	18	43,9%
Siempre	6	14,6%

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la dimensión *Registro de información en clases*. De los datos se observa que el 75,6% de los estudiantes toma apuntes en clases, la totalidad de los estudiantes no frecuentan la biblioteca institucional y el 51,2% utiliza los apuntes de los compañeros para complementar los apuntes propios.

**Tabla 5.** Resultados dimensión Registro de información en clases

<b>P4. Toma apuntes en clases</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Sí	31	75,6%
No	10	24,4%
<b>P5. Frecuenta semanalmente la biblioteca institucional</b>		
Sí	0	0%
No	41	100%
<b>P6. Complementa sus apuntes con los apuntes de compañeros</b>		
Sí	21	51,2%
No	20	48,8%

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la dimensión *Aporte de una Central de Apuntes Estudiantil*. Los datos señalan que la mayoría de los estudiantes, correspondientes al 53,7%, afirmó que aportaría con sus propios apuntes a una Central de Apuntes Estudiantiles, mientras que el 75,6% considera que contar esta central de apuntes sería un aporte a su formación educacional.

**Tabla 6.** Resultados dimensión Aporte de una Central de Apuntes Estudiantil

<b>Pregunta</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
P7. ¿Aportaría con sus propios apuntes a una Central de Apuntes Estudiantil?	53,70%	46,30%
P8. ¿Considera un aporte a su formación educacional contar con una Central de Apuntes Estudiantil?	75,60%	24,40%

#### 4.2 Resultados de la revisión documental

En la Tabla 6 se presentan la descripción de las centrales de apuntes universitarias existentes en ocho instituciones de educación superior nacionales e internacionales [27-34]. Se observa que existen diversas iniciativas de centrales de apuntes de estudiantes en América Latina e incluso en España, algunas de éstas son independientes de las instituciones universitarias a la que los estudiantes pertenecen. Y la totalidad de las iniciativas tienen como objetivo servir como apoyo a la formación académica de los estudiantes universitarios de manera gratuita y de libre acceso.

**Tabla 6.** Información sobre Centrales de Apuntes Universitarios

Nombre de la Central	Institución	Descripción
Central de apuntes	Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Derecho	Funciona por medio de una página web donde se encuentran los apuntes separados por asignatura. También, entrega un instructivo para aquellos que deseen compartir sus archivos.
Derecho al Humor Central de Apuntes	Independiente (Chile)	Derecho al Humor es una página autofinanciada, en ella se encuentra resúmenes, esquemas, códigos actualizados, material bibliográfico, formatos de escritos y apuntes.
Luris.Tk Central de Apuntes	Independiente (Chile)	Página web creada por estudiantes de Derecho, se encuentra Apuntes, Normas Jurídicas, artículos jurídicos y jurisprudencia, cuyo objetivo es colaborar o ayudar a los usuarios.
Apuntess	Independiente (Chile)	Sitio web que contiene una variedad de apuntes de distintas universidades, incluso una sección para los apuntes de todas las carreras de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).
CAAE	Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Economía y Administración	Sitio web perteneciente al Centro de Estudiantes de la Facultad de Economía y Administración que cuenta con una sección en donde se encuentran todos los archivos ordenados por asignaturas.
Biblioteca Virtual Solidaria	Universidad Nacional Arturo Jauretche (Argentina)	Sitio web perteneciente a la UNAJ, posee material de estudio de todas las carreras clasificados por áreas.
Biblioteca de Apuntes	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales UPM (España)	Sitio web de la Delegación de Estudiantes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, que cuenta con una biblioteca exclusiva para los y las estudiantes de la Escuela, además poseen un sistema de concurso para la selección de los mejores apuntes aportados por el alumnado de la carrera.
Educagua	Portal de Recursos Educativos de la red (Feria Online S.L.) (España)	Sitio web creado por la empresa Feria Online S.L. con el propósito de ayudar en forma de guía educativa a estudiantes, profesoras y padres.

### 4.3 Propuesta del Centro de Apuntes Estudiantiles

Conforme a la necesidad de mejorar el rendimiento académico, de reforzar la toma de apuntes como técnica de estudio e incentivar la colaboración entre estudiantes y profesores, surge la Central de Apuntes Estudiantil como una propuesta que permitirá al estudiantado tener una herramienta adicional de preparación ante las evaluaciones. La Central de Apuntes Estudiantil, pretende funcionar con aquellos apuntes elaborados por los estudiantes en conjunto a los profesores de la Universidad Arturo Prat, como también con la aceptación de material de estudiantes, profesores y Universidades externas con el propósito de que los usuarios tengan acceso a una amplia colección de material de estudio.

#### 4.3.1 Objetivos y funciones

En la Tabla 7 se presenta la descripción de los objetivos y funciones de la CAEU.

**Tabla 7.** Descripción de objetivos y funciones

Objetivos	Funciones
Apoyar y acompañar al estudiantado en su desarrollo académico	Facilitar el proceso de estudio mediante el acceso a herramientas complementarias
	Mantener una colección de material de estudio de libre acceso para el alumnado
	Generar un vínculo horizontal entre profesores y estudiantes por medio de la participación en la Central
Promover la cooperación entre profesores y estudiantes	Incentivar al alumnado a utilizar la toma de apuntes de clases como método de aprendizaje
	Fomentar al alumnado a donar sus apuntes
Representar una alternativa para la búsqueda de información	Permitir la contribución de material de estudio a personas, universidades y académicos externos con el fin de expandir y diversificar la colección de la Central.

#### 4.3.2 Estructura organizacional

Para el funcionamiento de la Central de Apuntes de Estudiantes Universitarios CAEU se ha considerado una estructura organizacional, que cuente con la participación de un director, un receptor, un editor y un encargado de catalogar los archivos. En la Tabla 8 se especifican los objetivos y funciones de los cargos señalados.

**Tabla 8.** Descripción de cargos de CAEU

Cargo	Objetivo	Funciones
Director	Velar por el buen funcionamiento de la Central de Apuntes Estudiantil, garantizando su correcta administración.	Promover la participación de los estudiantes y profesores en la Central de Apuntes Estudiantil Planificar, organizar, dirigir y controlar el funcionamiento de las distintas áreas de la Central de Apuntes Estudiantil Elaborar el presupuesto anual
Receptor	Simplificar el proceso de admisión del material entregado a la CAE	Orientar a los estudiantes sobre el proceso de donación de material a la Central Recepcionar los distintos archivos donados por los estudiantes a la Central Organizar y filtrar los archivos aceptados según los criterios establecidos Mantener un registro del material recibido y de los estudiantes que colaboren con la Central
Editor	Revisar y rectificar el material entregado a la Central de Apuntes Estudiantil.	Verificar el contenido de los apuntes entregados y procurar que estos se encuentren debidamente redactados. Desarrollar un proceso efectivo para la acreditación de los archivos recepcionados, comprobando que cumplan con criterios establecidos
Catalogador	Registrar el material a la plataforma de la Central y facilitar al estudiantado el acceso a esta.	Subir el material a la plataforma y mantener actualizada la colección de archivos.

### 4.3.3 Funcionamiento de la Central de Apuntes

Para la realización de esta propuesta se establecen ciertos lineamientos que permitirán el correcto funcionamiento de la CAEU, estos dicen relación con el formato de presentación de apuntes, con los filtros de recepción y con las formas en que se promoverá la cooperación de documentos a la CAEU.

- *Difusión:* Con la finalidad de promover la cooperación entre estudiantes y la CAEU, se desarrollarán e implementarán estrategias de difusión por medio de redes sociales, las cuales también servirán para darle reconocimiento a los colaboradores de la Central.
- *Exención de responsabilidad:* Sobre los aportes que se reciban, se debe tener en consideración que los colaboradores deben firmar una carta de responsabilidad la cual será redactada por el equipo de la CAEU y que se entregará previamente a la aceptación del apunte a fin de eximir a la CAEU de conflictos derivados de la vulneración de los derechos de autor.
- *Formato de recepción:* Los apuntes se envían en pdf al correo *centraldeapuntesestudiantil@gmail.com*, además debe indicarse el nombre de la asignatura que corresponde, carrera, un índice y también debe incluir las citas en caso de haberse utilizado material complementario en su redacción en formato APA.
- *Validación del documento:* Posterior a la recepción de los apuntes, existirá un proceso de validación en conjunto a los profesores quienes, conforme a la planificación de los contenidos de su asignatura, acreditarán que el material cumple con el programa, evitando así la difusión de contenido erróneo.
- *Ubicación de la Central:* La Central de Apuntes Estudiantil funcionará por medio de una plataforma digital a diseñarse, con el objeto de que sea de libre acceso para los usuarios.

## 5. CONCLUSIONES

Implementar propuestas pedagógicas similares a las Centrales de Apuntes, permite lograr diversos objetivos, entre los cuales se encuentran: desarrollar la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, gestionando el aporte a otros estudiantes con apuntes y observaciones de clases similares, generara lazos académicos con estudiantes de otras instituciones que utilicen los apuntes compartidos o bien aporten con apuntes, concientizar a profesores y estudiantes sobre las temáticas que pueden ser percibidas como complejas a nivel internacional. De hecho, con respecto a este último objetivo,

en el estudio se pueden apreciar diversas centrales de apuntes relacionadas con carreras de Derecho, que generalmente están asociadas a la lectura y discusiones extensas entre pares. Y dada la relevancia y efecto que podrían tener este tipo de propuestas, también es necesario no dejar de lado la continuidad de éstas y que no se queden solo en la implementación. Es decir, la gestión continua de estas iniciativas.

Durante el desarrollo de este estudio, se evidenció que la creación e implementación de las Centrales de Apuntes Estudiantiles tienen una finalidad netamente académica y de apoyo al aprendizaje. Que, además, pretende aportar a desarrollar la autogestión y el empoderamiento de los estudiantes que acceden al material de la Central de Apuntes ya que son los principales partícipes de su propia formación académica tributando a la autonomía del proceso de aprendizaje. Por otro lado, las personas que aportan con los apuntes están aportando indirectamente en los procesos académicos de otros estudiantes, a través de una participación solidaria activa.

Además, si bien la perspectiva de las universidades ha ido cambiando con el tiempo, aún queda mucho por hacer con respecto a las estrategias que se pueden implementar y desarrollar en favor al proceso académico de los estudiantes, y que, a su vez, estas no dependan exclusivamente de la voluntad y disposición que tenga cada institución, sus equipos, departamentos y en sí, los profesores, que son personajes clave para mejorar el desempeño educativo. La función de un profesor guía en una iniciativa como una Central de Apunte está relacionada con acciones estratégicas tales como orientar, observar y valorar el desempeño de los estudiantes, intentando elaborar tácticas en conjunto que faciliten el aprendizaje y el intercambio de ideas entre estudiantes con diferentes realidades académicas.

Las universidades, además de realizar las gestiones curriculares que otorguen mejoras en el desempeño de los estudiantes, deben velar por contar con los espacios físicos y los materiales de apoyo bibliográficos para que estos accedan a libre disposición. Espacios como la biblioteca que es el corazón de la universidad debe estar debidamente equipada, contar con las comodidades que se requiere, además de una amplia selección de libros, documentos y apuntes, categorizados por carreras para acotar el tiempo de búsqueda.

Finalmente, el diseño de una propuesta como la Central de Apuntes pretende no solo generar apoyo académico para el estudiantado, sino que también aportar en el posicionamiento a la Universidad Arturo Prat y sus Facultades como una institución de educación superior de calidad, formando profesionales tanto en las herramientas técnicas entregadas, como en competencias genéricas tales como el trabajo colaborativo y uso de tecnologías de la información y comunicación, con el objetivo de proporcionar apoyo a los estudiantes durante todo el proceso académico.

## REFERENCIAS

- [1] Díaz C. (2008). Modelo conceptual para la deserción estudiantil universitaria chilena. *Estudios pedagógicos* 34(2), 65-86.
- [2] Novelle L. (2012). De la arcilla al e-book. *Historia del libro y las bibliotecas*.
- [3] Federación internacional de asociaciones de bibliotecarios y bibliotecas. (2023). *Library map of the world*. Recuperado: <https://librarymap.ifla.org/data-glossary/library>
- [4] American library association. (2023). Recuperado: <https://www.ala.org/>
- [5] Unesco. (1994). *Manifiesto de la UNESCO sobre la biblioteca pública*.
- [6] Gómez J. (2004). Evolución conceptual de la función educativa de la biblioteca pública. *Omega*.
- [7] Jaramillo O. (2012). La formación ciudadana, dinamizadora de procesos de transformación social desde la biblioteca pública. *Revista interamericana de bibliotecología* 35(1), 63-72.
- [8] Torres M. (2005). La función social de las bibliotecas universitarias. *Boletín andaluz de bibliotecarios* 20(80), 43-70.
- [9] Meneses F. (2013). Bibliotecas y sociedad: el paradigma social de la biblioteca pública. *Investigación bibliotecológica* 26(61), 151-173.
- [10] Espinal R. (2018). Uso de las tecnologías en la educación. *Revista atlante*.
- [11] Moya A. (2009). Las nuevas tecnologías en la educación. *Innovación y experiencias educativas* 24, 1-9.
- [12] González M. et al. (2020). Desafío del siglo XXI en la educación: Dando saltos del tic-tac al tep. *Revista Scientific* 5(18), 323-344.
- [13] Ramiro T. et al. (2018). En: 6th international congress of educational sciences and development.
- [14] Coro B. (2020). Impacto de la implementación de las TAC en el proceso de enseñanza aprendizaje. Trabajo de grado. Universidad Católica de Cuenca.
- [15] Rodríguez F. (2016). Las TIC en educación: Caminando hacia las TAC. *Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC* 5(4), 55-62.
- [16] Latorre E. et al. (2019). Las TIC, las TAC y las TEP: Innovación educativa en la era conceptual. Universidad Sergio Arboleda.
- [17] Lozano R. (2011). De las TIC a las TAC: Tecnologías del aprendizaje y el conocimiento. *Anuario ThinkEPI* 5, 45-47.
- [18] Benavides D. (2022). Métodos y técnicas para tomar apuntes en clase. *Revista Universitaria de Informática RUNIN* 10(13), 69-74.
- [19] Hurtado A. (2013). Inserción de los estudiantes en la vida universitaria. Tesis de maestría. Universidad del Valle.
- [20] Jara M. y Triviños M. (2012). Enfoques de aprendizaje y hábitos de estudio en estudiantes universitarios de primer año de tres carreras de la universidad mayor Temuco, Chile 2011. *Revista educativa digital* 11, 37-46.
- [21] Pacheco L. (2008). La didáctica universitaria en el contexto de la andragogía: Aprender a aprender en la educación de personas adultas. *TEC empresarial* 2(2), 29-33.
- [22] Otaiza R. (2007). Teoría andragógica-integradora para la transformación universitaria. *Revista venezolana de sociología y antropología* 17(48), 210-232.
- [23] Pérez M. (2020). Andragogía: Una necesidad educativa a nivel universitario. *Alfa*.
- [24] Rodríguez S. y Losada V. (2020). Retención y deserción universitaria. Recuperado: <https://www.ascofapsi.org.co/observatorio/wp-content/uploads/2020/07/desercion-universitaria-1.pdf>
- [25] Creswell J. (2013). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating*. Pearson.
- [26] Hernández C. y Carpio N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta. Revista científica del instituto nacional de salud* 1, 75-79.
- [27] Facultad de Derecho Universidad Católica. (2020). Central de apuntes. Recuperado: <https://www.cadeuc.cl/central-de-apuntes>
- [28] Central de Apuntes de Derecho. Derecho al humor. (2020). Recuperado: <https://derechoalhumor.cl/apuntes/>
- [29] Central de Apuntes de Derecho. Iuris TK. (2020). Recuperado: <https://iuris.webcindario.com/iuris.php>
- [30] Central de Apuntes de Derecho Pucv. Apuntes. (2020). Recuperado: <https://apuntes.com/descargar-central-de-apuntes-derecho-pucv/>
- [31] Centro de Estudiantes de la Facultad de Economía y Administración de la Pontificia Universidad Católica de Chile. (2023). Recuperado: <https://www.caae.cl>
- [32] Universidad Nacional Arturo Jauretche. (2021). Biblioteca virtual solidaria. Recuperado: <https://www.espacioestudiantilunaj.org/info-unaj/info-estudiantes-avanzadx>
- [33] Escuela Técnica Superior Ingenieros Industriales. (2021). Biblioteca de apuntes, delegación de estudiantes ETSII. Recuperado: <https://etsii.daupm.es/estudiantes/>
- [34] Educaguia. (2022). Recuperado: <https://www.educaguia.com/>

# Carencias pedagógicas y didácticas: Una mirada reflexiva de los procesos de formación de los licenciados

Zulma Estela Muñoz Burbano<sup>1</sup>  
María Alejandra Narváez Gómez<sup>2</sup>  
María Lorcy Rosero Mora<sup>3</sup>  
<sup>1,3</sup>Universidad de Nariño  
<sup>2</sup>Universidad Cooperativa de Colombia  
Colombia

En este capítulo se presentan los resultados parciales de la investigación: Carencias disciplinares, pedagógicas y didácticas de egresados de la Facultad de Educación de la Universidad de Nariño, el cual tiene como principal objetivo analizar las carencias en lo pedagógico, didáctico y disciplinar. Asumiendo las carencias como debilidades que pueden presentar en su práctica educativa en los campos mencionados, pueden afectar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes. El estudio se realiza desde un enfoque cualitativo y descriptivo, y se emplea una encuesta organizada según los campos de interés. Entre los resultados se encuentra que los egresados consultados manifiestan la necesidad de introducir elementos actualizados del saber pedagógico; asimismo, es necesario precisar la confusión entre pedagogía y didáctica y la contextualización de los mismos, así como la necesidad de un marco teórico desde el conocimiento didáctico del contenido en el Proyecto educativo del programa PEP.

---

<sup>1</sup> licenciada en Química, Magíster en educación y Doctora en Ciencias de la Educación. Contacto: [zulmamu0706@hotmail.com](mailto:zulmamu0706@hotmail.com)

<sup>2</sup> Licenciada en Educación Básica y Magíster en Educación. Contacto: [alejanarvaez27@gmail.com](mailto:alejanarvaez27@gmail.com)

<sup>3</sup> Licenciada en Informática y Magíster en Educación. Contacto: [lorcym@hotmail.com](mailto:lorcym@hotmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad de la educación en Colombia siempre es un tema de relevancia que implica un desafío importante a la hora de analizarlo. Pese a que desde diversos escenarios se han realizado esfuerzos para mejorar la educación en Colombia aún no se obtienen los resultados esperados. Los esfuerzos realizados están relacionados con disminuir la inequidad en el acceso a la educación, la falta de recursos adecuados, mejorar la infraestructura, fortalecer la formación de profesores y disminuir la desconexión entre lo que se enseña y las necesidades del contexto actual.

En la investigación se han abordado las dos últimas situaciones por considerarse espacios en los que se puede trabajar desde el devenir de la Facultad de Educación de esta Universidad.

En este sentido, es claro que el índice de desarrollo humano de Colombia se ha incrementado en los últimos años. Esto puede relacionarse con mayor posibilidad de acceso a la educación, sin embargo, la calidad sigue siendo una preocupación.

Si bien, los índices de analfabetismo han bajado significativamente, por ejemplo, el promedio nacional de alfabetismo es de 95%, según las cifras preliminares del Censo 2018 que el analfabetismo baje es un aspecto muy importante para Colombia (Figura 1). Sin embargo, tanto las pruebas nacionales como internacionales muestran resultados preocupantes para el país, pues si bien la cobertura aumenta la calidad parece no mejorar (Figura 2).

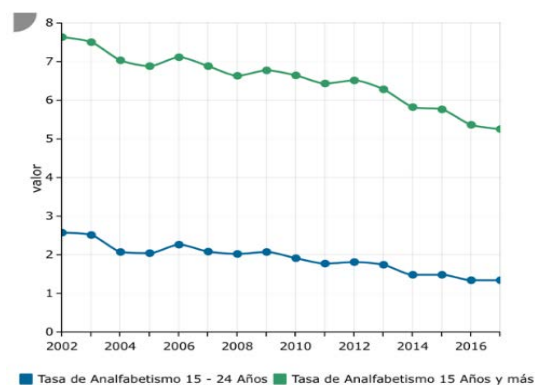


Figura 1. Índice de analfabetismo en Colombia [1]

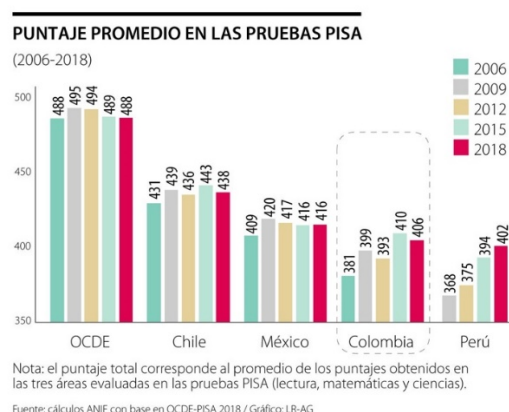


Figura 2. Puntaje pruebas PISA (2006-2018) [2]

Tal como se muestra en la Figura 2, y si bien históricamente parece mejorar el promedio, éste se mantiene muy por debajo de la media de países latinoamericanos como México y Chile y comprensiblemente del promedio de los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico OCDE.

Es claro que no se trata únicamente de presentar las cifras, que pueden ser desalentadoras, se trata de buscar los elementos necesarios para revertir esta situación. Si bien, el gobierno colombiano ha



implementado políticas para mejorar la educación como programas de formación docente, mejoras en la infraestructura escolar y la implementación de planes curriculares actualizados; el desafío de garantizar una educación de calidad para todos los ciudadanos aún persiste y se requieren esfuerzos continuos en múltiples frentes.

Desde esta perspectiva, la formación de los profesores para la educación secundaria en Colombia es un aspecto crucial en el sistema educativo. Aun cuando existen profesores altamente comprometidos y capacitados, también hay problemas en este aspecto. En Colombia se regula la calidad de los programas de educación superior a través del registro calificado de carácter obligatorio y de los procesos de acreditación de alta calidad de instituciones de educación superior, dentro de los cuales, obviamente se encuentran los programas formadores de profesores o licenciaturas.

Por otra parte, la Resolución 18583 de 2017 del Ministerio de Educación Nacional MEN estableció criterios específicos de calidad que deben cumplir los programas de Licenciatura para mejorar la formación de profesores en el país. Pese a que esta resolución buscaba garantizar la pertinencia y relevancia de la formación de profesores y contribuir a la profesionalización y especialización de los profesores, su implementación práctica ha presentado desafíos y limitaciones. Por lo tanto, es importante activar mecanismos desde los programas de formación docente para mejorar dichos procesos.

En Colombia se encuentran, en su mayoría, licenciaturas en educación que abarca diversas especialidades: matemáticas, ciencias naturales, lenguaje y literatura, ciencias sociales, educación física, entre otros; licenciatura en idiomas extranjeros, programa que se centra en la enseñanza de idiomas, como inglés, francés, alemán entre otros; licenciatura en artes: incluye especialidades como artes plásticas, música y danza que prepara los estudiantes para enseñar estas disciplinas en contextos educativos; licenciatura en educación preescolar: programas para la formación de profesores de educación inicial; licenciatura en educación especial enfocada en la enseñanza y atención a estudiantes con necesidades educativas especiales; licenciatura en ciencias sociales: se centra en la enseñanza de disciplinas, historia, geografía y ciencias políticas; licenciatura en ciencias naturales, prepara para enseñar materias como biología, química y física; licenciatura en educación tecnología e informática.

Con base en lo anterior, aunque en Colombia se ofrece una alta variedad de licenciaturas, que son programas de formación superior encargados de preparar para el ejercicio profesional de la docencia, es de aclarar, que de acuerdo con los reportes que se presentan en el informe dirigido por la Universidad de los Andes [1], en el que además se reportan los datos del MEN en 2014, evidencia que el 10% de los profesores no tienen formación superior, un 60% ha alcanzado este nivel de formación y solo un 30% ha accedido a la formación post-gradual.

Por otro lado, en el reporte presentado en el diario el Tiempo [3] se encuentra que, en Colombia, en el sector público, ejercen la docencia profesores con formación Normalistas o tecnólogos en educación: 15.084, licenciados o profesionales: 80.493, con especialización: 29.591, con maestría: 64.391 y con doctorado 864. Esto significa que cerca del 8% de los profesores no tienen formación profesional, mientras un 50% habría alcanzado una formación post-gradual.

Si bien el porcentaje de profesores licenciados es representativo, se presenta otro aspecto a tener en cuenta. Con el reporte del tiempo en las pruebas Saber Pro de 2019, realizadas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación ICFES, los estudiantes de carreras pertenecientes a licenciaturas obtuvieron un puntaje global de 138 sobre 300 posibles, nueve puntos por debajo del promedio nacional que fue de 147. Situación inquietante que también debe ser un punto de análisis para las facultades de educación y Programas de licenciatura.

Ahora bien, aunado a que los resultados en las pruebas saber pro para los profesores en formación no son los mejores, también se encuentran otras problemáticas, como lo son: la dificultad de acceso a la capacitación continua, puesto que falta de oportunidades de desarrollo profesional pueden limitar la capacidad de los profesores para mantenerse al tanto de las últimas metodologías y avances en materia enseña; condiciones laborales poco favorables, entre las que se menciona la excesiva carga de trabajo,

salarios poco atractivos y con poco reconocimiento profesional que pueden influir en la motivación y dedicación de los profesores.

Frente a este panorama se pueden presentar muchas alternativas de solución que en conjunto pueden contribuir a mejorar la calidad de la educación secundaria en Colombia. Desde la perspectiva de los profesores, es necesario invertir en su formación inicial y continua, brindar apoyo y recursos adecuados, así como implementar sistemas de evaluación justos y constructivos. Por otra parte, La falta de recursos tanto materiales como tecnológicos también pueden limitar la efectividad de la enseñanza y hacer que los programas de formación docente a menudo no logren abordar las necesidades prácticas del aula, lo que resulta en profesores poco preparados para gestionar situaciones reales de enseñanza y de aprendizaje.

El panorama que de esta manera se presenta, justifica esta investigación que tiene como objetivo general analizar las carencias disciplinares, pedagógicas y didácticas de los egresados de los programas de pregrado de la Facultad de Educación de la Universidad de Nariño. Para ello se ha propuesto, además, examinar los documentos curriculares de los programas de pregrado de la Facultad de Educación de la Universidad de Nariño en cuanto a sus elementos conceptuales en lo disciplinar, pedagógico y didáctico, así como caracterizar las carencias que los egresados enuncian desde su práctica y ejercicio docente.

La Facultad de Educación de la Universidad de Nariño ofrece dos programas de formación a profesores: licenciatura en Ciencias Naturales y educación Ambiental y la Licenciatura en Lengua Castellana y Literatura, los dos programas con Acreditación de Alta Calidad, además, con un amplio reconocimiento por la calidad de sus egresados, no solo en la región, también en esferas nacionales e internacionales.

Este aspecto, ligado a que la Universidad de Nariño es la única Universidad Pública para el Departamento de Nariño y Putumayo, implica un compromiso social que procura siempre por la calidad en sus procesos de formación docente, tanto a nivel de pregrado, como de posgrado y la ejecución de programas de formación continua para profesores en ejercicio.

En el ejercicio de esa búsqueda constante de mejorar en el servicio, se diseñó una investigación macro que vincula a los egresados de los dos programas ofrecidos para la Facultad de Educación. Esta investigación, aún en desarrollo, ha permitido un acercamiento importante con los egresados de la Facultad, conocer sus realidades, sus fortalezas y aquellas carencias de formación que se hacen evidentes en el ejercicio de la docencia en diferentes contextos.

En este sentido, es importante resaltar la identidad y sentido de pertenencia de los Egresados que, a lo largo del tiempo, han demostrado idoneidad y compromiso con el ejercicio de su profesión. La formación post-gradual de los mismos, no solo a nivel de especialización y maestría, sino de doctorado, han permitido hacer presencia de manera asertiva en diversos sectores de la educación nacional e internacional.

El reconocimiento logrado por los egresados de la Facultad de Educación constituye un elemento importante para el devenir de la Facultad. Sin embargo, para continuar en el camino de la mejora continua y asegurar así mejores resultados que contribuyan a superar los problemas descritos antes, sobre la calidad de la Educación y de los que no se es ajeno en los programas ofrecidos por esta Facultad, en este texto se presentan resultados parciales de las carencias que los egresados expresan.

## **2. MÉTODO**

Se realizó un estudio de tipo cualitativo centrado en comprender un fenómeno a través de las experiencias, percepciones y significados. Este enfoque de investigación es especialmente útil en este caso porque busca explorar temas complejos en el ámbito de la formación de licenciados. Además, este enfoque permitió dar voz a los participantes, capturando sus perspectivas y permitiendo un análisis contextualizado para generar nuevas representaciones que contribuyan al avance del conocimiento en este campo [4].

Cabe destacar que el tipo de investigación fue descriptiva porque presenta de manera detallada las características de los egresados de los programas de licenciatura. En esencia, la investigación descriptiva

permitió capturar las particularidades de los procesos de formación que recibieron los egresados en un momento y contexto específicos. De ahí que la unidad de análisis seleccionada para este estudio fueron los egresados de la Facultad de Educación de la Universidad de Nariño. La unidad de trabajo la conforman los egresados desde 2009 hasta el 2022 de las licenciaturas en Ciencias Naturales (65 participantes) y en Lengua Castellana y Literatura (45 participantes) garantizando representatividad de cada cohorte.

Por parte de los investigadores emplea una encuesta, la cual está organizada en primera instancia por unas preguntas de tipo demográfico, en segundo lugar, sobre aspectos aprendidos en el campo de índole disciplinar, pedagógico y didáctico. Por último, se interroga por las carencias que se pudieron presentar en los campos antes mencionados. En este escrito, se presentan análisis de los resultados parciales en el campo didáctico y pedagógico. Para analizar la información se extrajeron significados de los datos no numéricos, identificando recurrencias, temas y relaciones, luego, se agrupan en categorías temáticas, permitiendo reconocer tendencias [5].

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Cuando se indaga sobre las carencias disciplinares en profesores, en cuanto a pedagogía y didáctica, se refieren a las limitaciones que pueden presentar los profesores en su conocimiento y aplicación de teorías pedagógicas y métodos didácticos efectivos para enseñar a sus estudiantes de manera adecuada. Estas carencias pueden afectar la calidad de la educación.

En ese sentido, la formación de profesores es un factor crucial para garantizar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes. Como señala [6], los profesores deben tener acceso a oportunidades de desarrollo profesional que les permitan actualizar sus conocimientos en pedagogía y didáctica, así como familiarizarse con enfoques innovadores de enseñanza. De esta manera, podrán estar mejor preparados para enfrentar los desafíos educativos actuales y ofrecer experiencias de aprendizaje más enriquecedoras.

Sin embargo, es innegable que en ocasiones se presentan carencias disciplinares en lo que respecta a la pedagogía y la didáctica que puede llevar a una enseñanza poco efectiva obstaculizando los procesos educativos. Prueba de ello, en el ámbito de saber en Pedagogía, se puede evidenciar en los resultados encontrados a través de las preguntas siguientes: ¿Qué saberes fueron trabajados en la licenciatura y hoy los considera fundamentales para su práctica pedagógica? y ¿Cuáles se deben profundizar? Con las respuestas dadas por los egresados de la licenciatura, se establecen unas categorías de análisis deductivas que nacen de las recurrencias presentadas en las respuestas de los profesores en ejercicio, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Saber pedagógico recurrencias

#### 3.1 Confusiones entre didáctica y pedagogía

Una de las categorías de análisis, que resalta en el saber pedagógico, es la confusión que se presenta entre pedagogía y didáctica. Prueba de lo anterior se evidencia en los siguientes relatos de dos de los participantes: *Mayor comprensión en los contenidos que se desarrollan en pedagogía que no generen confusiones con didáctica. Los distintos tipos de procesos de enseñanza y aprendizaje son fundamentales. Se debería profundizar en las nuevas perspectivas de enseñanza y aprendizaje.*

En relación con lo anterior, las confusiones entre didáctica y pedagogía son comunes debido a que están estrechamente relacionadas y se utilizan a menudo de manera arbitraria en el aula. Sin embargo, cada término tiene un enfoque y alcance diferente en el ámbito educativo como se menciona a continuación:

El concepto de pedagogía es un término más amplio que engloba los principios y las teorías implícitas a la educación en su conjunto. Se centra en la comprensión profunda de los procesos educativos, el estudio de cómo se produce el aprendizaje, cómo se desarrollan las habilidades cognitivas y sociales, y cómo se forman los individuos en su totalidad.

La pedagogía busca abordar preguntas más filosóficas y teóricas sobre la educación, incluyendo cuestiones relacionadas con la formación de valores, la relación entre el educador y el educando, y la influencia del entorno sociocultural en la enseñanza y el aprendizaje [6, 8, 9].

Ahora bien, la didáctica se centra en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Está relacionada con el diseño, la planificación y la implementación de estrategias y métodos de enseñanza que permitan el aprendizaje y la adquisición de habilidades por parte de los estudiantes. La didáctica aborda cuestiones prácticas, como la selección de materiales educativos, la organización de contenidos, la creación de actividades y la evaluación del aprendizaje [10, 11].

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, las confusiones entre didáctica y pedagogía pueden surgir en el aula de clases por que se utiliza los termino de manera intercambiable, lo que puede contribuir a la confusión, además, los límites entre la didáctica y la pedagogía no son siempre claros, ya que ambos conceptos están relacionados y se influyen mutuamente. También existe una variedad de enfoques, lo que hace que las distinciones sean menos evidentes [12, 13].

Para evitar confusiones, es importante reconocer que la didáctica se centra más en los métodos y estrategias específicas de enseñanza en el aula, la didáctica es disciplinar [14], en el contexto de lo formativo, mientras que la pedagogía se ocupa de los fundamentos teóricos y conceptuales que guían la práctica educativa en su conjunto [12, 13]. Además, es necesario asumir que la pedagogía es un saber, no una ciencia [15].

En conclusión, la didáctica y la pedagogía son pilares fundamentales en la formación de profesionales de la educación. La aplicación de enfoques pedagógicos adecuados, el comprender la descentralización de la pedagogía de la escuela [15], la adaptación de estrategias de enseñanza y la creación de ambientes de aprendizaje enriquecedores son aspectos esenciales para promover un aprendizaje significativo y duradero.

### **3.2 Pedagogías innovadoras y contextualizadas**

Otras de las categorías que se abordaron, a partir de los resultados, fueron las pedagogías innovadoras y contextualizadas. En algunos de los testimonios elaborados por egresados se encuentra: *La historia de la pedagogía es útil, pero se debe profundizar más en cómo utilizar esto hoy en día en las clases y que métodos siguen siendo pertinentes y cuáles no; Los modelos Pedagogía son fundamentales, es necesario ampliar respecto a la evolución de estos y las tendencias actuales sobre los modelos que tienen mayor demanda;*

Si bien, se reconoce dentro de los resultados encontrados la importancia de la fundamentación teórica, la historia y corrientes pedagógicas, se hace hincapié en la necesidad de actualizarse en las corrientes de los procesos de formación y de retomar aspectos prácticos que permitan conocer la realidad del aula. Trabajar con corrientes pedagógicas innovadoras permitirá estar al tanto de los avances y cambios en la educación, adaptarse a las necesidades de los estudiantes y mejorar sus prácticas profesores.

Asimismo, se reconoce que las corrientes pedagógicas innovadoras se enfocan en métodos de enseñanza centrados en el estudiante, lo que aumenta su participación, compromiso, reflexión en el proceso de aprendizaje [16]. Además, es importante el reconocimiento de los avances tecnológicos y las cambiantes demandas laborales requieren que los educadores integren enfoques innovadores para preparar a los estudiantes para el mundo actual y futuro.

En resumen, trabajar con corrientes pedagógicas innovadoras en los profesores es esencial para mejorar la calidad de la educación, preparar a los estudiantes para un mundo en constante cambio y promover el desarrollo integral de habilidades. Cada corriente pedagógica tiene sus propias ventajas y desafíos, y su elección depende de los objetivos educativos, el contexto cultural y las necesidades de los estudiantes. Es importante que los educadores estén familiarizados con diferentes corrientes pedagógicas para adaptar su enfoque según las circunstancias [17].

Desde esta perspectiva, si bien se puede hablar de la necesidad de una actualización en los contenidos relacionados con la pedagogía en las licenciaturas, las respuestas de los profesores en formación, nuevamente dejan ver la confusión entre pedagogía y didáctica. Pero se considera fundamental enfatizar en la necesidad de reconocer la pedagogía como un saber que pasa por la escuela, pero trasciende en cuanto se ha producido en relación con las formas de *gubernamentalidad* [18]

### 3.3 Educación inclusiva y respuesta a la diversidad

Lo observable, dentro de las repuestas de los egresados de la facultad de educación, fue un llamado urgente y necesario a incorporar, en su proceso de formación, contenidos en educación inclusiva y respuesta a la diversidad para garantizar así su preparación en las demandas de las aulas contemporáneas y brindar una educación de calidad que respete la diversidad.

Dentro de los testimonios se encuentran: *considero que es necesario profundizar en temas como la educación inclusiva y atención a la diversidad, para poder atender las necesidades de todos los estudiantes y garantizar una educación equitativa; conocer cómo se puede o se debe trabajar con niños con NEE, conocer el niño, sus condiciones, capacidades, limitaciones, fortalezas, la enseñanza a través del juego, lúdica, la importancia de la meta cognición y la regulación y control de las emociones, no solo para los estudiantes sino también para los profesores.* Entré otros.

En ese sentido, como lo expresa [19], incluir aspectos de educación inclusiva y atención a la diversidad de manera clara en los currículos y en el aula de los licenciados permitirá reconocer la realidad de las aulas, las cuales son cada vez más diversas en términos de habilidades, culturas, antecedentes lingüísticos y estilos de aprendizaje. Los maestros necesitan estar preparados para abordar esta diversidad y garantizar que todos los estudiantes tengan acceso a una educación de calidad.

De ahí que, según la UNESCO, la educación inclusiva implica eliminar todas las formas de discriminación, crear ambientes de aprendizaje inclusivos, brindar apoyo a los estudiantes con necesidades especiales y adaptar los contenidos y las metodologías para satisfacer las diversas necesidades de los estudiantes [20]. En ese sentido, la respuesta a la diversidad se relaciona con la capacidad de los educadores para adaptar su enfoque pedagógico y sus estrategias de enseñanza a las necesidades individuales de los estudiantes. Esta respuesta considera las diferencias en estilos de aprendizaje, habilidades, niveles de competencia y características personales de los estudiantes.

Los enfoques pedagógicos de educación inclusiva y respuesta a la diversidad no solo benefician a los estudiantes con necesidades especiales, sino que también pueden mejorar la experiencia de aprendizaje de todos los estudiantes. Las estrategias diseñadas para abordar diferentes estilos de aprendizaje y ritmos de progreso pueden enriquecer la enseñanza en general [19].

En Colombia, la respuesta a la diversidad también se vincula con la atención a la población indígena, afrodescendiente y rural, así como a aquellos estudiantes con discapacidades o necesidades especiales. La Ley 1618 de 2013 en Colombia establece la obligación de implementar medidas que garanticen la participación, el acceso y la permanencia de las personas con discapacidad en los sistemas educativos, además, el Ministerio de Educación Nacional expidió el Decreto 1421 de 2017, que regula la atención educativa de las personas con discapacidad en el marco de la educación inclusiva [21].

Como se menciona en el párrafo anterior, es importante destacar que en Colombia se han tomado medidas significativas para promover la educación inclusiva y la respuesta a la diversidad. Se han desarrollado

políticas y programas que buscan asegurar que todos los estudiantes tengan acceso a una educación de calidad. Esto incluye la formación de profesores en enfoques inclusivos y la creación de entornos de aprendizaje que valoren la diversidad cultural y las necesidades individuales de los estudiantes. Sin embargo, este trabajo es aún tan incipiente en la práctica que en las aulas de las facultades de educación aún no se ve reflejado de manera clara en la formación de los licenciados, y estos aun reclaman estos contenidos en su preparación.

Por otro lado, en el ámbito de saber en didáctica, dentro de los resultados encontrados en la pregunta: ¿Qué saberes considera NO se abordaron en su proceso de formación de pregrado y cuáles en su concepto son necesarios para el desarrollo del ejercicio docente? Se dedujeron categorías a partir de las recurrencias que se pueden observar en la Figura 4.



Figura 4. Saber didáctico categorías

### 3.4 Enseñanza de la didáctica desde la contextualización

Esta categoría es elaborada a partir de las repuestas de los egresados, quienes manifiestan que es necesario que en campo universitario se reconozca los ambientes reales a los cuales ellos se enfrentarían en su ejercicio profesional, tal como se evidencia en los siguientes testimonios: *Enfocarse más en la enseñanza de la didáctica, pero no solo en ambientes ideales porque no es con lo que uno se encuentra. Al enfrentarme al mundo laboral y en ambientes académicos sin recursos me di cuenta de que la universidad no traía ningún conocimiento. Nunca me dijeron cómo abordar en escuela unitaria, como planear o que estrategias existen y en Colombia este tipo de espacios los hay por montón. Aplicar cada una de las estrategias didácticas a realidades específicas, no solo mencionar como se llaman, quien las propuso y de que se componen, me parece más importante determinar los enfoques que hay frente a las didácticas que no se tenga el concepto tan cuadrículado.*

Por esta razón, se reconoce que la enseñanza de la didáctica desde la contextualización es esencial para la formación de licenciados en ciencias naturales y literatura, ya que permite a los futuros educadores comprender cómo aplicar de manera efectiva los principios de enseñanza y aprendizaje en situaciones reales y diversas. Al contextualizar la didáctica, los licenciados adquieren una comprensión profunda de cómo adaptar sus estrategias a las características específicas de los contextos.

En el caso de la didáctica de las ciencias naturales desde la contextualización podría implicar explorar cómo adaptar los conceptos científicos a situaciones cotidianas o a problemas de la vida real [22]. Por ejemplo, los licenciados podrían diseñar lecciones que relacionen principios de la física con aplicaciones en tecnología o ingeniería, haciendo que los estudiantes vean la relevancia práctica de lo que están aprendiendo. En el caso de la didáctica de la literatura se podría involucrar la exploración de obras literarias que reflejen la cultura y la historia en el contexto en la que se encuentra la institución educativa. Esto permitiría a los licenciados crear conexiones significativas entre las obras literarias y el contexto local, fomentando así la comprensión y el interés de los estudiantes [23].

### 3.5 Estrategias didácticas para educación inclusiva y respuesta a la diversidad

Dentro de las respuestas de los egresados, una de mayores recurrencias es la necesidad de incluir dentro de los procesos de formación de licenciados estrategias didácticas para educación inclusiva y respuesta a la diversidad, tal como se ha enunciado en los testimonios, *es importante ahondar en las estrategias*

*didácticas relacionadas con estudiantes que se encuentran en los programas de inclusión. En mi formación como licenciado en Didáctica, considero que no se abordaron suficientemente temas relacionados con la educación inclusiva y atención a la diversidad. Estos saberes son necesarios para poder adaptar la enseñanza a las necesidades de todos los estudiantes y garantizar una educación equitativa.*

Atendiendo los relatos, se reitera que una de las carencias de mayor relevancia en el campo de la formación didáctica es justamente en el plano de la atención a la educación inclusiva y respuesta a la diversidad como se ha indicado anteriormente. En este caso, si bien se encuentran alternativas interesantes como es el caso de partir de las inteligencias múltiples desde donde se asume una escuela centrada en las características individuales de los estudiantes [24, 25], este es un tema aún en construcción que requiere de investigaciones contextualizadas no solamente a la diversidad y el contexto que se atiende, sino también a las disciplinas que se desarrollan.

Esta cuestión es de gran relevancia para los profesores y la manera como lo abordan es diferente, en muchos casos tiene que ver con la experiencia de los mismos, su formación e incluso el saber disciplinar que desarrollan [26]. Este aspecto es un desafío para el ejercicio docente [27]. Las realidades de las aulas y en general de la escuela superan con creces las teorías. No solo se trata de un cambio en el lenguaje, es el cambio de un sistema y se requiere de cambios en el paradigma [28].

#### **4. CONCLUSIONES**

Los resultados parciales que se describen en este documento, dan fe de la necesidad de investigaciones que vinculen al sector de egresados en la toma de decisiones académico-curriculares en todos los programas de formación profesional.

Para el caso específico de la Facultad de Educación, estos se convierten en un insumo valioso para la reestructuración del Proyecto Educativo del Programa.

Con respecto a las carencias que se especifican en lo relacionado a la confusión entre Pedagogía y Didáctica y su tratamiento indistinto, urge la toma de decisiones desde una fundamentación teórica del conocimiento profesional docente.

Las autoras consideran que para trabajar esta problemática es una gran alternativa, por tanto, motivo de estudio, el desarrollo desde la línea de Conocimiento Didáctico del Contenido, al igual que asumir la descentralización de la escuela por parte de la Pedagogía.

Finalmente, la didáctica se asume como una disciplina autónoma basada fundamentalmente en el saber disciplinar, pretexto de la enseñanza.

## REFERENCIAS

- [1] Figueroa M. et al. (2018). La profesión docente en Colombia: Normatividad, formación, selección y evaluación. Universidad de los Andes.
- [2] Santa María M. (2020). Educación en Colombia: Avances en cobertura y desafíos en calidad. La República.
- [3] El Tiempo. (2022). ¿Falta de preparación? Así es la formación académica de los docentes en Colombia.
- [4] Quecedo R. y Castaño C. 2003. Introducción a la metodología de investigación cualitativa. Revista de Psicodidáctica 14, 5-40.
- [5] Denzin N. y Lincoln Y. (2011). The SAGE Handbook of Qualitative Research. Sage Publications.
- [6] Hernández R. (2019). Formación continua y desarrollo profesional de docentes: Retos y perspectivas. Revista Internacional de Educación y Aprendizaje 8(1), 112-125.
- [7] Perrenoud P. (2004). La pedagogía en la encrucijada. Morata.
- [8] Villa M. (2019). ¿Qué es eso que se llama pedagogía? Pedagogía y saberes (50), 11-28.
- [9] Maldonado C. (2014). ¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad? Intersticios sociales (7), 1-23.
- [10] Olivos T. (2011). Didáctica de la educación superior: Nuevos desafíos en el siglo XXI. Perspectiva educacional 50(2), 26-54.
- [11] Barriga Á. (2009). Pensar la didáctica. Amorrortu.
- [12] Lucio D. (1989). Educación y pedagogía, enseñanza y didáctica: Diferencias y relaciones. Omega.
- [13] Zambrano A. (2019). Naturaleza y diferenciación del saber pedagógico y didáctico. Pedagogía y saberes (50), 75-84.
- [14] Adúriz A. e Izquierdo M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias 1(3), 130-140.
- [15] Gallego A. (2015). Del saber pedagógico a los saberes escolares. Pedagogía y saberes (42), 21-29.
- [16] Huerta M. (2007). Corrientes pedagógicas contemporáneas. Odiseo, revista electrónica de pedagogía 4(7).
- [17] Foucault M. (2007). Nacimiento de la biopolítica. Fondo de cultura económica.
- [18] Salas G. et al. (2016). Tiza de colores: Hacia la enseñanza de la inclusión sobre diversidad sexual en la formación inicial docente. Revista latinoamericana de educación inclusiva 10(2), 73-91.
- [19] UNESCO. (2005). Directrices sobre las políticas de inclusión en la educación. Ginebra.
- [20] Montoya L. y Serna J. (2018). La trampa de la educación especial: Rodeos y laberintos jurisprudenciales para garantizar el derecho a la educación inclusiva de las personas con discapacidad. Revista Derecho del Estado (41), 97-128.
- [21] Ordóñez P. y Gamboa L. (2016). Estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación superior. Revista Logos, Ciencia & Tecnología 8(1), 148-158.
- [22] Regueiro B. (2014). Innovación y creatividad: enseñar literatura en el siglo XXI. Revista de la Universidad de la Salle 1989(17), 35-46.
- [23] Nadal B. (2015). Las inteligencias múltiples como una estrategia didáctica para atender a la diversidad y aprovechar el potencial de todos los estudiantes. Revista de Educación Inclusiva.
- [24] Prieto F. y García M. (2017). Estrategias de enseñanza como respuesta a la diversidad: Concepciones y prácticas del pedagogo terapéutico. Revista de Educación Inclusiva 10(1), 103-116.
- [25] Angenscheidt L. y Navarrete I. (2017). Actitudes de los docentes acerca de la educación inclusiva. Ciencias Psicológicas 11(2), 233-243.
- [26] Cisternas T. y Lobos A. (2019). Profesores nóveles de enseñanza básica: Dilemas, estrategias y obstáculos para abordar los desafíos de una educación inclusiva. Revista latinoamericana de educación inclusiva 13(1), 37-53.
- [27] Díaz L. y Rodríguez L. (2016). Educación inclusiva y diversidad funcional: Conociendo realidades, transformando paradigmas y aportando elementos para la práctica. Zona Próxima (24), 43-60.



# Simulación numérica para la enseñanza-aprendizaje de física de estrellas de neutrones

Edgar Miguel Vargas Chaparro<sup>1</sup>

José Luis Rativa Medina<sup>2</sup>

*Universidad Nacional de Colombia, Colombia*

Durante el estudio y enseñanza de temáticas complejas, como la Astrofísica, los estudiantes encuentran dificultad en su aprendizaje debido a lo abstracto de las teorías y a la ausencia de ambientes experimentales. Las simulaciones numéricas proporcionan un medio para experimentar con fenómenos astrofísicos, permitiéndoles a los estudiantes manipular variables y parámetros en estos procesos. Estas simulaciones implican resolver las ecuaciones de campo de Einstein, un sistema no-lineal y acoplado de diez ecuaciones diferenciales parciales, lo cual ha dado origen a la Relatividad Numérica que busca resolver las ecuaciones mediante técnicas numéricas y códigos computacionales. En el presente trabajo se expone el diseño y desarrollo de una simulación numérica para la enseñanza-aprendizaje de la física de una estrella de neutrones, aplicando la metodología de la Relatividad Numérica, que consiste en la selección apropiada y compatible de los elementos clave de la simulación: formalismo de evolución, calibración, condiciones iniciales y de frontera, métodos numéricos y la implementación numérica y ejecución de la simulación. Adicionalmente, se validan los resultados numéricos generados por la simulación con algunos resultados analíticos conocidos para este sistema físico.

---

<sup>1</sup> Ingeniero de Sistemas, Especialista en Ciencias Físicas y Magíster en Ciencias. Contacto: [emvargasc@unal.edu.co](mailto:emvargasc@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación. Contacto: [jrativa@unal.edu.co](mailto:jrativa@unal.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

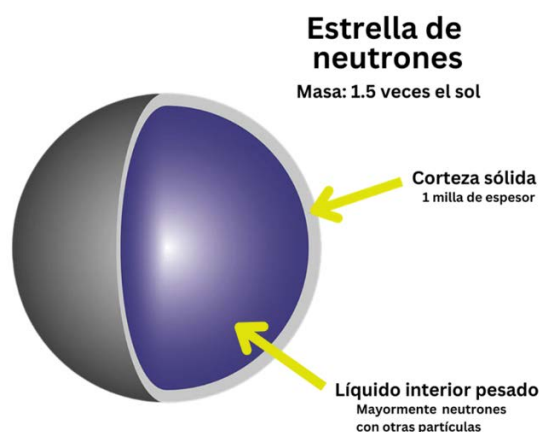
La enseñanza y estudio de la astrofísica es un proceso que suele ser más teórico que práctico, debido a que para experimentar las diversas manifestaciones de los fenómenos involucrados se requeriría de la observación y estudio de objetos astrofísicos y las interacciones entre ellos. Pero las prácticas para llevar a cabo tales experimentos y observaciones implican elevados costos, o incluso laboratorios específicamente adecuados, por lo que dichos estudios se suelen implementar tan solo a un nivel teórico y, por lo tanto, no es posible realizar una experimentación de laboratorio que permita el afianzamiento de las teorías vistas. Este hecho se evidencia en estudios realizados [1], donde determinan que los estudiantes tienen dificultades a la hora de entender los principios y consecuencias de la teoría de la relatividad de Einstein, la cual es un tema clave para el entendimiento de la astrofísica.

Debido a esta situación se ve la necesidad de tener un ambiente cercano al experimental que permita una mayor adquisición de conocimiento por parte de los estudiantes. Por lo tanto, se propone implementar simulaciones numéricas, que permiten nuevas prácticas de aprendizaje de mayor interacción haciendo uso de las tecnologías de la información y la comunicación presentes en un computador. Las simulaciones por computador son y serán cada vez de mayor importancia para el estudio de sistemas fuertemente gravitantes, como aquellos que contienen estrellas masivas o agujeros negros, en el estudio del espacio-tiempo al borde de la formación de un agujero negro, en la investigación de escenarios cosmológicos, en los estudios de estructuras de singularidades y aún para investigaciones de diferentes aspectos de posibles teorías cuánticas de la gravedad.

Para realizar simulaciones computacionales de fenómenos astrofísicos, se deben resolver las ecuaciones de campo de Einstein: un sistema de diez ecuaciones diferenciales parciales no lineales y acopladas, en cuatro dimensiones. Debido a esta complejidad, solamente se conocen soluciones exactas a las ecuaciones en situaciones altamente simétricas. La necesidad de estudiar sistemas que involucran campos gravitacionales fuertes y dinámicos con poca o ninguna simetría ha dado origen a la *relatividad numérica*, la cual busca resolver las ecuaciones de campo de Einstein utilizando técnicas numéricas y códigos computacionales complejos [2-6].

En particular, este trabajo describe el diseño y desarrollo de una simulación numérica para la enseñanza-aprendizaje de la física de una estrella de neutrones (Figura 1), aplicando la metodología de la relatividad numérica, considerando en primer lugar una selección particular y compatible de los elementos claves de la simulación [2]:

- El formalismo de evolución
- Los algoritmos numéricos
- Las condiciones de frontera
- Los datos iniciales
- Las condiciones de las coordenadas



**Figura 1.** Estrella de neutrones de masa 1.5 veces el sol

[https://www.physics.unlv.edu/~jeffery/astro/neutron\\_star/neutron\\_star\\_cutaway.html](https://www.physics.unlv.edu/~jeffery/astro/neutron_star/neutron_star_cutaway.html)

Luego de esta selección se procede a la implementación numérica y la ejecución de la simulación, los resultados numéricos generados por la simulación se validan utilizando algunos resultados analíticos conocidos para este sistema físico.

## 2. MÉTODO

El principal objetivo de la relatividad numérica es proveer la descripción del espacio-tiempo resolviendo las ecuaciones de Einstein numéricamente. Esta implementación numérica provee la evolución dinámica de las componentes de la métrica  $g_{\mu\nu}$  con respecto a un tiempo coordinado y sobre, al menos, alguna región de la variedad  $\mathcal{M}$  ( $\mathcal{M}$  siendo una variedad n-dimensional de todos los eventos físicos y  $g_{\mu\nu}$  un tensor métrico Lorentziano). Se asume que esta variedad es globalmente hiperbólica, por lo tanto, dados unos datos apropiados sobre una hipersuperficie inicial, su desarrollo futuro se puede obtener solucionando las ecuaciones de Einstein [7].

Un punto obvio que algunas veces se pasa por alto cuando se piensa en modelos numéricos para resolver un problema dado es que los computadores no son mágicos. Aunque los recursos computacionales constituyen una herramienta poderosa para intentar resolver un problema, ciertamente no proveen una solución mágica. Es necesario preocuparse acerca de los puntos estándar propios del tradicional *método de papel y lápiz*, pero teniendo en mente también que se empleará una simulación numérica, lo cual adiciona una nueva dimensión a la especificación del problema. En particular, cuando se aborda un problema en relatividad numérica se deben considerar los siguientes aspectos claves [2]:

- Escoger la forma apropiada de las ecuaciones y el conjunto de variables que gobiernan el sistema
- Adoptar un sistema de referencia apropiado con respecto al cual describir el sistema
- Definir condiciones iniciales o de frontera
- Elegir los métodos numéricos que aproximarán la solución del problema

### 2.1 El sistema de evolución

#### 2.1.1 Evolución del espacio-tiempo

La teoría de la Relatividad General sobresale entre todas las otras teorías por el hecho de que el espacio-tiempo, definido como la pareja  $(\mathcal{M}, g_{\mu\nu})$ , se obtiene de las ecuaciones de Einstein. Las variables desconocidas no *viven* sobre el espacio-tiempo, sino que más bien ellas son precisamente el espacio-tiempo. Por lo tanto, y, para empezar, no es sencillo el problema de plantear las ecuaciones. Las ecuaciones de Einstein (ecuación (1)).

$$G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu} \quad (1)$$

(con  $G_{\mu\nu}$  el tensor de Einstein y  $T_{\mu\nu}$  el tensor materia-energía), son completamente independientes de cualquier sistema de coordenadas. La carencia de un sistema de referencia privilegiado (que es una manifestación natural del principio de equivalencia) está en el propio corazón de la teoría. En la práctica, la libertad en la elección del sistema se explota para expresar las ecuaciones de un modo más conveniente, lo cual ha conducido a varias formulaciones de la Relatividad General. Grosso modo, se introduce una noción de tiempo y las superficies de nivel definidas por este tiempo pueden ser como de espacio (dando origen a una *aproximación 3+1 o de Cauchy a la Relatividad General*), nulas (definiendo una *aproximación característica*), o de un tipo más genérico (que conducen a aproximaciones como las *ecuaciones conformes de Einstein, Cauchy-characteristic matching*, etc.).

En particular, para realizar la simulación de la estrella de neutrones objeto de este trabajo se eligió la aproximación 3+1, debido a que es conceptualmente fácil de entender, las técnicas asociadas con ella están más desarrolladas y además continúa siendo la más utilizada en la comunidad de relatividad numérica. En esta aproximación, una foliación del espacio-tiempo en hipersuperficies como de espacio permite escribir la métrica en la forma de la ecuación (2).

$$ds^2 = (-\alpha^2 + \beta_i \beta^i) dt^2 + 2\beta_i dt dx^i + \gamma_{ij} dx^i dx^j \quad (2)$$

Donde  $\alpha$  es la función lapso,  $\beta^i$  es el vector de corrimiento, y  $\gamma_{ij}$  es la métrica espacial. A lo largo de este capítulo, los índices Latinos son índices espaciales y corren de 1 a 3, mientras que los índices griegos son índices espaciotemporales y corren de 0 a 3. La curvatura extrínseca  $K_{ij}$  se puede definir por la ecuación (3).

$$\partial_t \gamma_{ij} - \mathcal{L}_{\vec{\beta}} \gamma_{ij} = -2\alpha K_{ij} \quad (3)$$

Donde  $\mathcal{L}_{\vec{\beta}}$  denota la derivada de Lie con respecto a  $\beta^i$ .

Las ecuaciones de Einstein se pueden entonces separar en las restricciones Hamiltoniana (ecuación (4)) y de momentos (ecuación (5)).

$${}^3R + K^2 - K_{ij} K^{ij} = 16\pi\rho \quad (4)$$

$$D_j (K^{ij} - \gamma^{ij} K) = 8\pi j^i \quad (5)$$

Y en la ecuación (6) de evolución para la curvatura extrínseca.

$$\partial_t K_{ij} - \mathcal{L}_{\vec{\beta}} K_{ij} = -D_i D_j \alpha + \alpha [{}^3R_{ij} + K K_{ij} - 2K_{ik} K_j^k] + 4\pi\alpha [\gamma_{ij}(S - \rho) - 2S_{ij}] \quad (6)$$

Aquí,  $D_i$  es la derivada covariante asociada con  $\gamma_{ij}$ ,  ${}^3R_{ij}$  es el tensor de Ricci tridimensional y  ${}^3R$  su traza tomada con  $\gamma^{ij}$ . También se han introducido las fuentes de materia  $\rho$ ,  $j^i$  y  $S_{ij}$  (y su traza  $S = \gamma^{ij} S_{ij}$ ), las cuales son proyecciones del tensor materia-energía con respecto al vector unitario normal a las hipersuperficies  $n^\alpha$  (ecuación (7)).

$$\rho := n^\mu n^\nu T_{\mu\nu}, j^i := -\gamma^{i\mu} n^\nu T_{\mu\nu}, S_{ij} := \gamma_i^\alpha P_j^\beta T_{\alpha\beta} \quad (7)$$

s

Las ecuaciones de evolución (2) y (5), junto con las ecuaciones de restricción (3) y (4), son conocidas como la forma ADM de las ecuaciones de campo de Einstein [8]. Específicamente, para la simulación de la estrella de neutrones se emplea la reformulación de Baumgarte-Shapiro-Shibata-Nakamura BSSN del formalismo original ADM [2-6].

### 2.1.2 Evolución hidrodinámica

El esquema de evolución de la hidrodinámica relativista general ideal GRHD es un sistema conservador de flujo, hiperbólico y de primer orden para las variables conservadas  $D$ ,  $S^i$  y  $\tau$ , que se pueden definir en términos de las variables primitivas  $\rho$  (densidad de masa en reposo),  $\epsilon$  (densidad de energía interna),  $v^i$  (3-velocidad contravariante del fluido) (ecuaciones (8) a (10)).

$$D = \sqrt{\gamma} \rho W \quad (8)$$

$$S^i = \sqrt{\gamma} \rho h W^2 v^i \quad (9)$$

$$\tau = \sqrt{\gamma} (\rho h W^2 - P) - D \quad (10)$$

donde  $\gamma$  es el determinante de  $\gamma_{ij}$  y  $W = (1 - v^i v_i)^{-1/2}$  es el factor de Lorentz. El sistema de evolución [9] es entonces la ecuación (11).

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F^i}{\partial x^i} = S \quad (11)$$

Con aplicación de las ecuaciones (12) y (13).

$$U = [D, S_j, \tau] \quad (12)$$

$$F^i = \alpha [D\tilde{v}^i, S_j \tilde{v}^i + \delta_j^i P, \tau \tilde{v}^i + P v^i], S = \alpha \left[ 0, T^{\mu\nu} \left( \frac{\partial g_{\nu j}}{\partial x^\mu} - \Gamma_{\mu\nu}^\lambda g_{\lambda j} \right), \alpha \left( T^{\mu 0} \frac{\partial \ln \alpha}{\partial x^\mu} - T^{\mu\nu} \Gamma_{\mu\nu}^0 \right) \right] \quad (13)$$

Donde  $\tilde{v}^i = v^i - \beta^i / \alpha$  y  $\Gamma_{\mu\nu}^\lambda$  son los símbolos de Christoffel cuadrimensionales. Para cerrar el sistema de ecuaciones GRHD, se necesita una ecuación de estado EOS que conecte las variables de estado primitivas. La EOS politrópica se calcula con la ecuación (14).

$$P = K \rho^\Gamma \quad (14)$$

Donde  $K$  es la constante politrópica y  $\Gamma$  es el índice adiabático, es apropiada para la evolución adiabática (= isentrópica) sin shocks. Cuando se utiliza la EOS politrópica, no se necesita evolucionar la ecuación de energía total del fluido, ya que la energía interna específica está fijada por la ecuación (15).

$$\epsilon = \frac{K \rho^\Gamma}{(\Gamma-1)\rho} \quad (15)$$

Nótese que el índice adiabático  $\Gamma = d \ln P / d \ln \rho$  está relacionado con el índice politrópico  $n$  de uso frecuente mediante  $n = 1/(\Gamma - 1)$ .

## 2.2 Coordenadas apropiadas

Cuando las ecuaciones de Einstein se transforman en una forma más apropiada para una descripción dinámica, se escoge una coordenada, por ejemplo  $x^0$ , para que desempeñe el papel del "tiempo" respecto al cual se referenciará la evolución dinámica. Luego, se introducen  $n - 1$  coordenadas adicionales,  $x^i$  ( $i = 1, \dots, n - 1$ ), en las superficies de nivel  $\Sigma_t$  del parámetro de tiempo. Estas coordenadas podrían ser cartesianas, esféricas, cilíndricas, u otras más apropiadas para problemas específicos. Nótese que existe una libertad remanente, ya que la tasa de cambio de la coordenada temporal no necesita ser uniforme como función de  $x^i$ .

Adicionalmente, las  $x^i$  a diferentes valores de la coordenada temporal pueden no ser constantes a lo largo de la dirección normal a  $\Sigma_t$ , es decir, pueden estar desplazadas. Se ha probado la utilidad de explotar esta libertad en numerosos estudios analíticos. En implementaciones numéricas esta libertad es crucial, y la adopción de coordenadas convenientes es un problema muy delicado e importante que no tiene una solución clara. Estas coordenadas "ideales" satisfacen entre otras las siguientes propiedades:

- Propiedades para evitar las singularidades: Los espacio-tiempos que contienen singularidades se pueden aproximar disminuyendo lentamente la tasa de cambio del tiempo en una región cercana a la singularidad de modo que la evolución se "congele", evitando así la evaluación en regiones singulares.
- Simplificación de variables: Unas coordenadas escogidas apropiadamente pueden llegar a simplificar el tensor métrico. Por ejemplo, en la presencia de una simetría, si se elige una coordenada adaptada a tal simetría, entonces el tensor métrico no dependerá explícitamente de esa coordenada.

Es fácil proponer coordenadas que satisfagan estas propiedades con conocimiento previo de la dinámica del sistema. Sin embargo, es necesario realizar simulaciones numéricas para obtener este conocimiento. Se ha realizado un gran esfuerzo para la obtención de recetas razonables para escoger coordenadas apropiadamente, pero el conocimiento actual de este tema es más bien limitado, y requiere de investigación adicional en esa dirección.

## 2.3 Condiciones iniciales

La especificación de los datos iniciales y de frontera determinan la situación física bajo estudio. En Relatividad General no todo se puede especificar libremente en el instante inicial; por el contrario, existen restricciones que limitan las elecciones posibles. Consecuentemente, antes de iniciar la evolución se debe tener cuidado en la especificación de valores iniciales, lo que requiere un examen cuidadoso de las restricciones del problema. Adicionalmente, aun cuando se pueden solucionar las ecuaciones que definen datos iniciales

consistentes (en términos de algunas funciones escogidas libremente), éstos se deben escoger de modo que representen el sistema físico bajo estudio.

En particular, para realizar la simulación de la estrella de neutrones objeto de este trabajo, los datos iniciales se obtienen resolviendo las ecuaciones Tolman, Oppenheimer y Volkoff (TOV) estándar, expresadas usando el radio de Schwarzschild  $r$  en el interior de una estrella esféricamente simétrica en equilibrio hidrostático (ecuación (16)).

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dr} &= -(e + P) \frac{m + 4\pi r^3 P}{r(r - 2m)} \\ \frac{dm}{dr} &= 4\pi r^2 e \\ \frac{d\Phi}{dr} &= \frac{m + 4\pi r^3 P}{r(r - 2m)} \end{aligned} \quad (16)$$

Donde  $e = \rho(1 + \epsilon)$  es la densidad de energía del fluido, incluyendo la contribución de energía interna,  $m$  es la masa gravitacional dentro de una esfera de radio  $r$ , y  $\Phi$  el logaritmo del lapso [10-12].

## 2.4 Condiciones de frontera

Tan importante como la especificación de valores iniciales lo es el tratamiento de las fronteras posibles. Estas fronteras pueden estar en el borde exterior del dominio computacional (conocidas como *fronteras externas*) o al interior del dominio computacional (conocidas como *fronteras internas*). La prescripción de los datos de frontera debe corresponder a la situación física que se estudia, y su implementación debe ser factible desde el punto de vista computacional. Direccional apropiadamente la implementación de la frontera es un problema altamente no trivial, aun en sistemas simples. Por ejemplo, cuando se modela la ecuación de onda en más de una dimensión, la especificación de valores de frontera correctos requiere un procedimiento no local que representa una sobrecarga computacional significativa [13]. En sistemas no lineales este problema se vuelve muy difícil y no se conoce una solución general ni siquiera a nivel analítico.

En particular, para realizar la simulación de la estrella de neutrones objeto de este trabajo, durante la evolución temporal del espacio-tiempo, se aplica una condición de frontera radiactiva de tipo Sommerfeld a todos los componentes de las variables BSSN evolucionadas como se describe en [14]. La característica principal de esta condición de contorno es que asume una simetría esférica aproximada de la solución, mientras se aplica la condición de contorno real en la frontera de una malla cúbica donde las normales de las caras no están alineadas con la dirección radial. Esta condición de contorno define el lado derecho del vector de estado BSSN en la frontera exterior, que luego también se integra en el tiempo para que la frontera y el interior se calculen con el mismo orden de precisión.

Para la evolución hidrodinámica, se utilizan condiciones de contorno planas para las variables hidrodinámicas, ya que generalmente se recomienda que los límites exteriores de la simulación se coloquen lo suficientemente lejos como para que todas las celdas cercanas al borde del dominio computacional representen la atmósfera.

## 2.5 Métodos numéricos

Las consideraciones de simetría y las aproximaciones de campo débil son de gran ayuda para encontrar soluciones analíticas de las ecuaciones de campo de Einstein. Pero todos estos esquemas fallan cuando se estudian configuraciones complejas, como las encontradas regularmente en astrofísica, y en los escenarios más extremos, donde se tienen campos fuertes y altas velocidades: explosiones de Supernova, acreción de materia en un agujero negro o las últimas etapas de un sistema binario. Aquí es donde las aproximaciones numéricas entran en juego. Este tipo de aproximaciones consiste en la discretización del conjunto de funciones continuas de interés: se reemplaza cualquier función  $f$  por un conjunto finito de valores (ecuación (17)).

$$f(t) \rightarrow \{f^{(n)}\} (n = 1, \dots, N) \quad (17)$$

El término discretización proviene precisamente del hecho de que el conjunto continuo de valores de  $f$  se reemplaza por un conjunto discreto (y finito) de  $N$  números. El conjunto discreto de valores  $\{f^{(n)}\}$  se puede construir de maneras diferentes, dependiendo de la aproximación numérica particular que se use: métodos espectrales, elementos o diferencias finitos. La solución numérica se puede interpretar como la descripción del espacio-tiempo por una serie de instantáneas, paso a paso, como en una película de cine; las ecuaciones de campo se deben reformular para ajustarse a esta descripción.

En particular, para la simulación de la estrella de neutrones se utilizó el *método numérico de líneas* MoL [15], que discretiza con diferencias finitas solamente las coordenadas espaciales, generando un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias acopladas. Es una aproximación ingeniosa para resolver sistemas de ecuaciones de evolución, que comienza discretizando primero las dimensiones espaciales mientras se mantiene continua la dimensión temporal. Para hacer las ideas más concretas, supóngase que se tiene una sola ecuación (18) diferencial parcial escalar.

$$\partial_t u = S(u) \quad (18)$$

Con  $S$  algún operador diferencial espacial. Si se utilizan las diferencias finitas estándar para las derivadas espaciales se puede reescribir la ecuación diferencial original como un sistema acoplado de ecuaciones diferenciales ordinarias de la forma de la ecuación (19).

$$\frac{du}{dt} = Su \quad (19)$$

Donde ahora  $u$  es un vector construido a partir de los valores de la función  $u$  en los diferentes puntos de la malla espacial, y  $S$  es una matriz que acopla los diferentes puntos de la malla. Se puede entonces utilizar cualquier método estándar para resolver el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias resultante.

El método de líneas tiene la ventaja de que desacopla la elección de la diferenciación espacial y temporal, de modo que se puede cambiar el orden de la diferenciación espacial o del método de integración temporal de manera independiente. También se puede generalizar de forma directa a sistemas de ecuaciones no lineales. Debido a estas razones entre otras, los códigos basados en el método de líneas se han vuelto muy populares en relatividad numérica durante la última década. Como ejemplo simple, considérese la ecuación (20) de advección.

$$\partial_t u + v \partial_x u = 0 \quad (20)$$

Y asúmase que se discretizan las derivadas espaciales utilizando diferencias centradas. Se llega entonces al sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias (ecuación (21)).

$$\frac{du_i}{dt} = -\frac{v}{2\Delta x} (u_{i+1} - u_{i-1}) \quad (21)$$

Ahora se pueden resolver estas ecuaciones usando, por ejemplo, Runge-Kutta de segundo orden, el cual para un sistema de ecuaciones de la forma de la ecuación (22).

$$\frac{du}{dt} = S(u) \quad (22)$$

Toma la forma de la ecuación (23).

$$\begin{aligned} u^* &= u^n + \Delta t S(u^n) / 2 \\ u^{n+1} &= u^n + \Delta t S(u^*) \end{aligned} \quad (23)$$

Runge-Kutta de segundo orden se puede resumir de la siguiente manera: calcular las fuentes en el paso de tiempo antiguo y usarlas para avanzar la solución medio paso de tiempo. Usar ahora este paso intermedio para recalcular las fuentes, ir atrás y avanzar ahora el paso de tiempo completo.

Utilizando Runge-Kutta ahora se puede escribir el método para resolver la ecuación (24) de advección.

$$\begin{aligned} u_i^* &= u_i^n - v\rho (u_{i+1}^n - u_{i-1}^n)/4 \\ u_i^{n+1} &= u_i^n - v\rho (u_{i+1}^* - u_{i-1}^*)/2 \end{aligned} \quad (24)$$

El cual, luego de un poco de álgebra, se convierte en la ecuación (25).

$$u_i^{n+1} = u_i^n - \frac{v\rho}{2}(u_{i+1}^n - u_{i-1}^n) + \frac{v^2\rho^2}{8}(u_{i+2}^n - 2u_i^n + u_{i-2}^n) \quad (25)$$

Con  $\rho = \Delta t/\Delta x$ . Para abreviar, este método se puede denominar MOL-RK2. Desafortunadamente, un análisis de estabilidad de von Newman muestra que el método MOL-RK2 es inestable para cualquier valor de  $\rho$ , de modo que es inútil en la práctica.

Se obtiene un método estable si se utiliza Runge-Kutta de cuarto orden [16], el cual se obtiene calculando primero de forma recursiva las cantidades en las ecuaciones (27) a (29).

$$k_1 = S(u^n) \quad (26) \quad k_3 = S(u^n + k_1 \Delta t/2) \quad (27)$$

$$k_3 = S(u^n + k_2 \Delta t/2) \quad (28)$$

$$k_4 = S(u^n + k_3 \Delta t) \quad (29)$$

Y luego resolviendo la ecuación (30).

$$u^{n+1} = u^n + \frac{\Delta t}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (30)$$

Nótese que Runge-Kutta de cuarto orden requiere cuatro evaluaciones de las fuentes para avanzar un paso de tiempo. Se llamará al método de líneas obtenido de esta manera MOL-RK4. Debido a que este método proporciona una precisión de cuarto orden en el tiempo, es natural utilizarlo con diferenciación espacial de cuarto orden.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Todos los componentes de la simulación seleccionados en la Sección anterior se reúnen para realizar la implementación numérica. Para esta implementación se utilizó el Einstein Toolkit ET, una infraestructura computacional de acceso gratuito e impulsada por la comunidad, destinada a su uso en relatividad numérica, astrofísica relativista y otras aplicaciones [17]. ET usa el *framework* modular Cactus como su infraestructura computacional subyacente, que le proporciona a los usuarios módulos que interactúan para conseguir la solución de un problema dado.

A continuación, se revisan los conceptos del ET-Cactus que permiten comprender cómo se implementó la simulación, y además se validan los resultados generados por esta mediante dos resultados analíticos fundamentales para la estrella de neutrones TOV: las oscilaciones de la densidad central y la conservación de la restricción Hamiltoniana (ecuación (4)).

#### 3.1 Conceptos básicos del ET-Cactus

El ET-Cactus es un ambiente de solución de problemas de código abierto diseñado para científicos e ingenieros. Su nombre se debe a que está conformado por un núcleo central que se conecta a los módulos de aplicaciones, conocidos como *espinas*, a través de una interface. Una *espina* es el módulo de trabajo básico dentro del ET-Cactus; todo el código que se suministra al usuario está dentro de espinas, las cuales son independientes entre sí. Una espina es un directorio que contiene cuatro archivos administrativos:

1. *interface.cct*: Define las variables y rutinas proporcionadas por la espina, junto con las variables y rutinas de otras espinas que la espina necesita. Las variables fundamentales con las que se trabaja en ET-Cactus se denominan *variables malla*, y representan valores de funciones sobre la malla computacional, razón por la que frecuentemente son llamadas *funciones malla*.



2. *param.ccl*: Define los parámetros que se usan para controlar la espina, y para cada uno de ellos especifica los valores que puede tomar y el valor por defecto.
3. *schedule.ccl*: Define cuáles rutinas de la espina se invocan y cuándo se invocan. También maneja la asignación de memoria para las variables malla.
4. *configuration.ccl*: Es opcional para una espina. Si existe contiene opciones de configuración extra de la espina.

Uno de los conceptos claves para las espinas es el concepto de la *implementación*. Las relaciones entre las espinas se basan en las relaciones entre las implementaciones que ellas proveen. Una implementación define un grupo de variables y parámetros que se utilizan para implementar alguna funcionalidad. Las espinas están agrupadas en *arreglos*, los cuales son agrupamientos lógicos de espinas establecidos con un propósito puramente organizacional.

### 3.2 Espinas utilizadas en la simulación

A continuación, se describe brevemente la funcionalidad de cada una de las espinas que se utilizaron para la simulación [18].

- Arreglo CactusBase
  - Boundary: Proporciona una interface genérica para las condiciones de frontera, y proporciona un conjunto de condiciones de frontera estándar para variables malla de una, dos y tres dimensiones.
  - CartGrid3D: Permite establecer coordenadas sobre una malla Cartesiana 3D de una manera flexible. Se pueden elegir diferentes dominios para la malla (por ejemplo, octante) que permiten explotar cualquier simetría en el problema.
  - CoordBase: Proporciona un mecanismo para registrar sistemas de coordenadas, y para mantener una base de datos de los sistemas de coordenadas y de sus coordenadas.
  - InitBase: Especifica cómo deben configurarse los datos iniciales. No establece ningún dato inicial por sí misma, ni contiene ninguna rutina que deba ser llamada. Recuerda cómo se deben configurar los datos iniciales, para que otras espinas puedan comprobar sus acciones con esta espina.
  - IOUtil: Provee utilidades generales para entrada o salida (como parsear cadenas de parámetros para decidir que variables sacar), y un conjunto general de parámetros que son heredados por los diferentes métodos de entrada o salida (como el directorio de salida). Thorn IOUtil por sí mismo no proporciona métodos de entrada o salida.
  - SymBase: Provee un mecanismo por el cual las condiciones de simetría pueden registrar rutinas que manejen este mapeo cuando se llama a un interpolador global.
  - Time: Calcula los saltos de tiempo durante una simulación.
- Arreglo EinsteinBase
  - ADMBase: Provee de las variables usadas en el formalismo 3 + 1.
  - ADMCoupling: Permite acoplar sin problemas las espinas de evolución y análisis a cualquier espina que aporte términos de materia al tensor de energía de tensión  $T_{ab}$
  - ADMMacros: Otorga macros con el fin de realizar cálculos relativistas comunes haciendo uso de las variables obtenidas de la espina ADMBase.
  - Constants: Otorga macros para las constantes más usadas como la velocidad de la luz, constante de gravitación universal o la masa del sol.
  - CoordGauge: Proporciona una infraestructura para la selección dinámica de calibres.
  - HydroBase: La función principal de HydroBase es almacenar las variables primitivas, comunes entre simulaciones hidrodinámicas, parámetros comúnmente necesarios, y grupos de programación para las funciones principales de un código hidrodinámico.
  - StaticConformal: Provee variables para el factor estático conforme.

TmunuBase: Proporcionar funciones de malla para el tensor tensión-energía  $T_{\mu\nu}$  y programar cuándo se calculan estas funciones de malla. Esto permite que diferentes espinas cooperen sin depender explícitamente unas de otras. La espina TmunuBase es para el tensor tensión-energía lo que la espina ADMBase es para el tensor métrico.

- Arreglo CactusNumerical

MoL: El Método de Líneas es una forma de separar la integración temporal del resto de un esquema de evolución. Esta espina pretende encargarse de todo el trabajo de libro y proporcionar algunos métodos básicos de integración temporal, permitiendo un fácil acoplamiento de diferentes espinas.

LocalReduce: Implementa un procesador local con el fin de reducir operaciones.

SpaceMask: Proporciona una función de rejilla que puede utilizarse para almacenar estados definidos por el usuario en cada punto de la rejilla. Se proporcionan rutinas para configurar y comprobar rápidamente los estados de la máscara.

- Arreglo CactusUtils

Formaline: Colecta y preserva los metadatos de la simulación (archivo de parámetros, fecha, maquina, etc). Puede conectarse a un servidor de base de datos en tiempo de ejecución y guardar los datos en el servidor.

NaNChecker: Informa de los valores NaN encontrados en las variables de la rejilla.

SystemTopology: Representa la topología de un sistema de computación distribuido. Es un árbol que representa la jerarquía de los nodos del sistema, y cada nodo del árbol tiene un conjunto de propiedades que describen sus atributos.

- Arreglo Numerical

AEILocalInterp: Provee de algunas variantes de los métodos de interpolación de Lagrange y Hermite. Debido a esto, soporta un gran número de opciones para interpolación.

- Arreglo Carpet

Carpet.

CarpetInterp: Provee un interpolador paralelo para su arreglo.

CarpetIOASCCI: Reproduce la espina IOASCCI del arreglo CactusBase pero es específicamente para el conductor espina Carpet.

CarpetIOBasic.

CarperIOHDF5.

CarpetIOScalar.

CarpetLib.

CarpetReduce: Es usada para reducir datos en un sistema de computación distribuido. Representa la topología de la malla en el sistema, y se utiliza para distribuir las tareas de reducción entre los nodos de la malla.

CarpetRegrid2.

LoopControl.

### 3.3 Análisis de resultados de la simulación

La simulación comienza con una esfera de fluido auto-gravitante, descrita por una ecuación de estado politrópica. Esta solución unidimensional se obtiene resolviendo en sistema de ecuaciones TOV (ecuación (15)) mediante la espina TOVSolver, y se interpola en la malla de evolución computacional tridimensional generando de esta manera los datos iniciales. Luego este sistema se evoluciona utilizando el sistema de evolución BSSN implementado en la espina McLachlan y el sistema de evolución hidrodinámica implementado en la espina GRHydro.

Para la simulación se configura una estrella TOV estable descrita por una ecuación de estado politrópica  $P = K\rho^\Gamma$  con  $K = 100$  y  $\Gamma = 2$ , y una densidad central inicial de  $\rho_c = 1.28 \times 10^{-3}$ . Se puede considerar que este modelo representa una estrella de neutrones no rotante con una masa de  $M = 1.4 M_\odot$  ( $M_\odot$  significa masas solares).

En la Figura 2 se muestra un pantallazo de la consola de comandos durante la ejecución de la simulación. Se evidencia que la simulación arroja una tabla con seis (6) columnas en las cuales se encuentran la iteración actual, el tiempo de simulación, el valor mínimo y máximo del lapso  $\alpha$ , y la densidad mínima y máxima de la estrella de neutrones. Se logra ver que, al momento de ser tomado el pantallazo, la simulación llevaba 17000 iteraciones aproximadamente.

Iteration	Time	ADMBASE::alp		HYDROBASE::rho	
		minimum	maximum	minimum	maximum
16640	130.000	0.6688727	0.9974761	9.999382e-11	0.0012761
16672	130.250	0.6688610	0.9974760	9.982628e-11	0.0012762
16794	130.500	0.6688497	0.9974760	9.994276e-11	0.0012762
16736	130.750	0.6688390	0.9974760	9.972729e-11	0.0012763
16768	131.000	0.6688294	0.9974760	9.998807e-11	0.0012764
16800	131.250	0.6688211	0.9974760	9.963578e-11	0.0012765
16832	131.500	0.6688142	0.9974760	9.995858e-11	0.0012765
16864	131.750	0.6688086	0.9974760	9.981303e-11	0.0012766
16896	132.000	0.6688039	0.9974760	1.008808e-10	0.0012767
16928	132.250	0.6687995	0.9974760	9.971772e-11	0.0012767
16960	132.500	0.6687947	0.9974760	9.995899e-11	0.0012768
16992	132.750	0.6687891	0.9974760	9.971869e-11	0.0012768
17024	133.000	0.6687823	0.9974760	9.998964e-11	0.0012769
17056	133.250	0.6687742	0.9974760	9.981877e-11	0.0012769
17088	133.500	0.6687652	0.9974760	9.996753e-11	0.0012770
17120	133.750	0.6687557	0.9974760	9.976858e-11	0.0012770
17152	134.000	0.6687464	0.9974760	9.999305e-11	0.0012771
17184	134.250	0.6687380	0.9974760	9.981118e-11	0.0012771
17216	134.500	0.6687310	0.9974760	9.994906e-11	0.0012771
17248	134.750	0.6687259	0.9974760	9.981144e-11	0.0012772

Figura 2. Información presentada por la terminal al ejecutar la simulación de la estrella de neutrones

### 3.3.1 Oscilaciones de la densidad central

En la Figura 3 se muestra la evolución de la densidad central de la estrella. El pico inicial se debe a la perturbación de la solución resultante de la interpolación en la malla de evolución. Las oscilaciones restantes se deben principalmente a la interacción de la estrella y la atmósfera artificial y están presentes durante toda la evolución. Considerando un tiempo de evolución suficiente, las frecuencias de estas oscilaciones se miden con una precisión satisfactoria y se pueden comparar contra resultados analíticos conocidos [19].

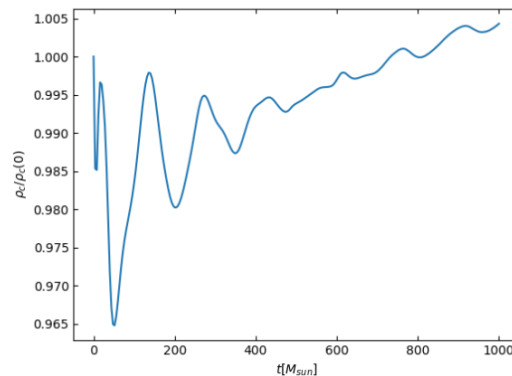


Figura 3. Densidad interna máxima de la estrella de neutrones en el tiempo.

### 3.3.2 Convergencia de la restricción Hamiltoniana y de la densidad máxima

Cuando se utilizan aproximaciones numéricas en diferencias finitas, un concepto clave es el de *error de solución*, el cual se define como la diferencia entre la solución exacta a la ecuación diferencial  $u$  y la solución exacta a la ecuación (31) en diferencias finitas  $u_\Delta$ . Por supuesto,  $\epsilon_\Delta$  se puede evaluar solamente en los puntos de la malla computacional.

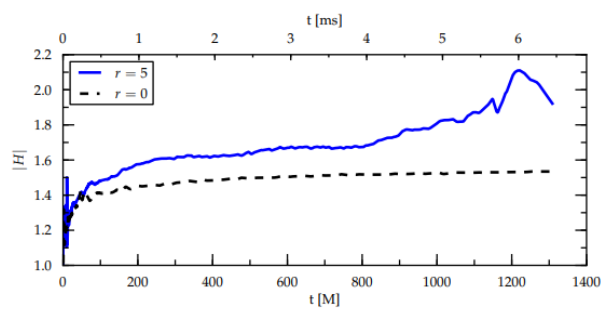
$$\epsilon_\Delta := u - u_\Delta \quad (31)$$

En la práctica, es de interés una propiedad global. Lo que se busca es una aproximación que mejore a *un tiempo finito* a medida que se refina la malla (es decir, a medida que  $\Delta t$  y  $\Delta x$  se hacen más pequeños). Es decir, el error de solución  $\epsilon_\Delta$  a un tiempo fijo debe tender a cero en el límite continuo. Esta condición se conoce como *convergencia*.

Una consideración importante acerca de las ecuaciones de evolución 3+1 tiene que ver con la propagación de las restricciones: si las restricciones se satisfacen inicialmente, ¿ellas permanecerán satisfechas durante la evolución? La respuesta a esta pregunta es sí, pero es interesante mencionar cómo es que esto sucede. De hecho, es a través de las identidades de Bianchi que se garantiza la propagación de las restricciones durante la evolución, como se puede ver en [20].

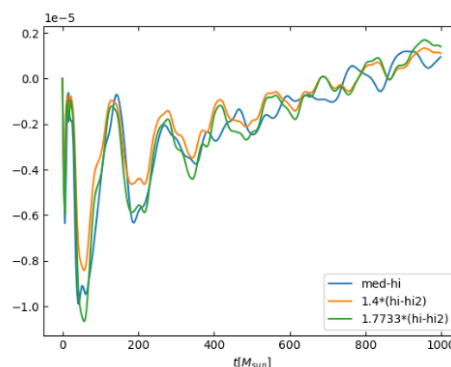
Debido a lo anterior, también es interesante estudiar el comportamiento de convergencia del código de evolución acoplado de curvatura y materia. Una de las variables que se utiliza frecuentemente para esta prueba es la violación de la restricción Hamiltoniana (ecuación (4)). Esta violación desaparece para el caso continuo, pero es distinta de cero y depende de la resolución en simulaciones discretas. La tasa esperada de convergencia del código hidrodinámico yace entre 1 y 2; dependiendo de la solución en sí, es solo de primer orden en regiones particulares, por ejemplo, en los extremos (como el centro de la estrella) o en la superficie estelar.

La Figura 4 muestra el orden de convergencia de la violación de la restricción Hamiltoniana, utilizando tres ejecuciones con distinta resolución, en el centro de la estrella y en un radio coordenado de  $r = 5M$  que está aproximadamente a mitad de camino entre el centro y la superficie. La tasa de convergencia observada durante la mayor parte del tiempo de simulación se encuentra entre 1,4 y 1,5 en el centro y entre 1,6 y 2 en  $r = 5M$ , consistente con el orden de convergencia esperado dependiente de los datos del esquema de evolución hidrodinámica subyacente.



**Figura 4.** Factor de convergencia de violación de la restricción hamiltoniana en  $r = 0M$  y  $r = 5M$  [17]

La Figura 5 muestra la convergencia en la densidad máxima para tres resoluciones diferentes. La curva azul es la diferencia entre las resoluciones media y alta. Las curvas naranjas son la diferencia entre las resoluciones alta y más alta escaladas para convergencia de primer orden. La curva verde es la diferencia entre las resoluciones alta y más alta escalada para convergencia de segundo orden.



**Figura 5.** Convergencia en la densidad máxima para tres resoluciones diferentes <https://einstein toolkit.org/gallery/ns/index.html>

#### 4. CONCLUSIONES

Al considerar la enseñanza-aprendizaje de temáticas complejas como la astrofísica, se hace evidente que el sistema de educación necesita una profunda reestructuración. Se deben evaluar las metodologías y las didácticas para enseñar dichas temáticas, porque los estudiantes de hoy tienen expectativas diferentes a los de antes y es necesario motivarlos a estudiarlas.

Las últimas décadas del siglo veinte fueron testigos de la *revolución del computador*, impulsada por las capacidades que poderosos computadores proveían a los investigadores. Esta nueva herramienta permite el estudio de sistemas imposibles de tratar analíticamente. Las simulaciones no solo están permitiendo que los investigadores ataquen problemas difíciles, sino que también permiten una agradable visualización de la salida. Estas simulaciones sirven como laboratorios teóricos para la astrofísica relativista, donde la imposibilidad de construir un laboratorio ha evitado que la investigación experimental contribuya en las exploraciones de la teoría. Son evidentes también los beneficios que pueden proveer estos “laboratorios numéricos” para la enseñanza-aprendizaje de dicha temática.

Para realizar simulaciones computacionales en astrofísica relativista, se deben resolver las ecuaciones de campo de Einstein, un sistema de diez ecuaciones diferenciales parciales no lineales y acopladas, en cuatro dimensiones. Por su complejidad solamente tiene soluciones exactas en situaciones altamente simétricas y simplificadas, situación que dio origen a la *relatividad numérica*, cuyo objetivo es resolver dichas ecuaciones utilizando técnicas numéricas y elaborados códigos computacionales.

En este trabajo se describió el diseño y desarrollo de una simulación numérica para la enseñanza-aprendizaje de la física de una estrella de neutrones, que es fundamental porque permite la aplicación de la metodología estándar de la relatividad numérica: selección de los componentes claves de la simulación (formalismo de evolución, calibración, condiciones iniciales y de frontera y algoritmos numéricos) e implementación de la simulación, ejecución y análisis de los resultados.

Para la implementación de la simulación se utilizó el ET-Cactus (Einstein Toolkit-Cactus), una infraestructura computacional de acceso gratuito utilizada en relatividad numérica, astrofísica relativista y otras aplicaciones. Una de las principales fortalezas del ET-Cactus es su modularidad: está compuesto por diferentes módulos (espinas) y componentes que se pueden combinar de acuerdo con las necesidades específicas de cada investigación, esto permite a los científicos adaptarlo y personalizarlo para abordar una amplia gama de problemas astrofísicos.

El caso analizado de la estrella de neutrones, demuestra la capacidad del ET-Cactus para simular fenómenos y sistemas astrofísicos de gran relevancia, proporciona una representación visualmente detallada de la estrella de neutrones, lo que permite a los estudiantes explorar y analizar diferentes propiedades y comportamientos de estos objetos en un entorno virtual, variando los valores de variables y parámetros. Adicionalmente, se validaron los resultados numéricos generados por la simulación utilizando algunos resultados analíticos conocidos para este sistema físico.

## REFERENCIAS

- [1] Gousopoulos D. et al. (2015). Students' difficulties in understanding the basic principles of relativity after standard instruction. *Eur. Sci. Educ. Res. Assoc.*, 169–175.
- [2] Bona C. y Palenzuela C. (2005). *Elements of numerical relativity*. Springer.
- [3] Alcubierre M. (2008). *Introduction to 3+1 Numerical Relativity*. Oxford University Press.
- [4] Baumgarte T. y Shapiro S. (2010). *Numerical relativity: Solving Einstein's Equations on the computer*. Editorial Cambridge University press.
- [5] Shibata M. (2015). *Numerical Relativity (100 Years of General Relativity)*. World Scientific Publishing Co.
- [6] Baumgarte T. (2021). *Numerical Relativity: Starting from Scratch*. Editorial Cambridge University press.
- [7] Wald R. (1984). *General Relativity*. The University of Chicago Press.
- [8] York J. (1979). Kinematics and dynamics of general relativity. En Smarr L. (ed.), *Sources of gravitational radiation* (pp. 83-126). Cambridge University Press.
- [9] Font J. (2008) Numerical hydrodynamics and magnetohydrodynamics in general relativity. *Living Reviews in Relativity* 11, 7.
- [10] Tolman R. (1939). Static solutions of Einstein's field equations for spheres of fluid *Phys. Rev.* 55, 364–373.
- [11] Oppenheimer J. y Volkoff G. (1939). On Massive neutron cores. *Phys. Rev.* 55, 374–381.
- [12] Smith A. (2012). *Tolman-Oppenheimer-Volkoff (TOV) stars*. The University of Austin.
- [13] Givoli D. (1987). *Comput. Phys.* 94(1).
- [14] Alcubierre M. et al. (2000). Towards a stable numerical evolution of strongly gravitating systems in general relativity: The Conformal treatments. *Phys. Rev. D* 62, 044034.
- [15] Hyman J. (1976). The method of lines solution of partial differential equations. Tech. Rep. COO-3077-139 ERDA. New York University.
- [16] Kreiss H. y Scherer G. (1992). Method of lines for hyperbolic equations. *SIAM J. Numer. Anal.* 29, 640-646.
- [17] Löffler F. et al. (2011). The Einstein Toolkit: A community computational infrastructure for relativistic astrophysics. Recuperado: <https://arxiv.org/pdf/1111.3344.pdf>
- [18] Recuperado: <https://einsteintoolkit.org/documentation/ThornGuide.php>
- [19] Yoshida S. y Eriguchi Y. (2001). Quasiradial modes of rotating stars in general relativity. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 322, 389–396.
- [20] Note on the propagation of the constraints in standard 3+1 general relativity, May 1997. *Physical review D Particles and fields* 55(10), 5992-5996.

# Competencias pedagógicas para la inclusión educativa: Una experiencia no una tendencia

Solangela Andrea Sánchez Montecinos<sup>1</sup>

*Universidad Católica de Córdoba, Argentina*

*Universidad Austral de Chile, Chile*

El desarrollo de competencias es un tema permanente en el ámbito educativo universitario chileno, donde los atributos que el profesorado ha trabajado para atender las demandas inclusivas de la educación en constante transformación, son un desafío diario. El trabajo que se expone en este capítulo corresponde a un estudio de caso típico cualitativo, fenomenológico de tipo hermenéutico, en el que participaron 33 profesores de 6 universidades chilenas inclusivas. El objetivo es valorar el nivel de desarrollo de las competencias pedagógicas inclusivas alcanzadas por el profesorado, según tipo de universidad y programa. Se aplicó un cuestionario de ítems mixtos en el que se indagó: 1) valoración de la diversidad del estudiantado, y 2) actitudes docentes frente al desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas y, a partir de ello, en el nivel de competencias alcanzado. Los principales hallazgos muestran un perfil socio-demográfico de profesores que se identifican como cisgénero femenino, con un promedio de 12 años de experiencia en el ámbito académico de pregrado. El 42% se auto-valora como muy capaz y capaz de promover en sus clases la valoración de todas las personas y sus diversidades, aplicar metodologías de evaluación que estimulan los logros de todos, incentivar acuerdos y comportamientos sociales al interior del aula basada en el respeto mutuo y apoyar el aprendizaje y la participación de todo el estudiantado. Se auto-valoran con nivel básico y medio de competencias pedagógicas inclusivas.

---

<sup>1</sup> Licenciada en Enfermería, Magíster en Educación Superior y Doctora en Educación. Contacto: [solange.sanchez@uach.cl](mailto:solange.sanchez@uach.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

Indagar en las experiencias docentes y a partir de ellas, valorar el desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas considerando los significados atribuidos a las experiencias en educación inclusiva, surgen de la necesidad de comprender la realidad de este profesorado en su contexto. Impresiona que las universidades no invierten en el capital humano para propiciar espacios educativos inclusivos, al mismo tiempo, [1] señala que, si las instituciones educativas tienen claras intenciones de evolucionar hacia una transformación, deben propiciar oportunidades para la formación del profesorado conforme a los nuevos contextos educativos. Se desconoce el desarrollo de las competencias pedagógicas inclusivas alcanzado por el profesorado en este ámbito.

La formación profesional docente, es motivo de debate político-educativo en el marco de las transformaciones continuas del sistema educativo y de la sociedad actual. Estos cambios, a paso acelerado, interpelan el sistema educativo y dejan en evidencia la necesidad de ajustes que éste debe experimentar de cara a la globalización mundial. Se releva el cuestionamiento sobre ciertas competencias específicas que el profesorado debe desarrollar en atención a la diversidad del estudiantado y su evaluación continua.

Visto de esta forma, y en palabras de [2], *se presenta como desafío la necesidad de desarrollar una evaluación formativa que permita una retroalimentación personalizada*, al tiempo que realzan la necesidad de desarrollo de cierto tipo de competencias y de un sistema de valoración centrado en la mejora para responder a las demandas en este cambiante contexto educativo universitario del siglo XXI.

Estudiar el desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas del profesorado universitario implica reflexionar en torno al papel que ellos juegan en la educación superior, su rol y por ende, la valoración de su profesión, tal como lo destaca [1], en conjunto con ello, alude a cómo los procesos de innovación requieren de inversión en el capital humano, respecto de ello señala *todo proceso de innovación requiere de algún tipo de capacitación en este sentido y es fundamental que el profesorado sea quien decida y acuerde acerca de cuál es la forma más adecuada de incorporar estas nuevas competencias*.

Se releva la incorporación de nuevas competencias a las ya desarrolladas, insta a los acuerdos en base a las necesidades reales, todo ello incita a los cuestionamientos generales tales como: ¿el profesorado es convocado a la reflexión en torno a su práctica? en particular para efectos de este estudio los cuestionamientos apuntan a dilucidar ¿En qué medida el profesorado universitario valora el desarrollar estas competencias pedagógicas para atender a la diversidad del estudiantado? ¿El profesorado universitario valora la diversidad del estudiantado como una oportunidad o la identifica como un obstáculo? En suma, la cuestión es analizar ¿Cuál es el nivel de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas alcanzado por el profesorado universitario?

Los cuestionamientos planteados operan como insumo para tributar a la mejora continua de entornos universitarios inclusivos, que provoquen cambios significativos de cara a la transformación del sistema educativo. Por tanto, el objetivo de esta fase del estudio fue; analizar la valoración sobre el nivel de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas alcanzado por el profesorado universitario, ello para atender a la diversidad del estudiantado, según tipo de universidad donde labora y carrera donde ejerce la docencia.

Para ir decantando en las ideas fuerza que mueven este estudio, a continuación, se presentan algunas reflexiones en torno a la idea de incluir en entornos universitarios, para lo cual es necesario analizar cómo abona la experiencia del profesorado en el desarrollo de competencias, cuál es el papel que juegan esas experiencias en el aprendizaje que ha ido creando, para luego profundizar en una articulación de ideas centradas en cómo la teoría del capital humano se pone de manifiesto en las influencias directas que emplea el profesorado en la gestión micro curricular a escala de aula, ello en atención a los aires de transformación y avance en educación inclusiva que se vislumbran, teniendo como marco de referencia y como hoja de ruta, la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura UNESCO [3].



## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 La idea de incluir en el contexto universitario

*¿Qué es incluir?* la idea de incluir en entornos universitarios al alero de la política vigente invita o más bien obliga a las instituciones de educación superior chilena a incluir. Entonces incluir implica aceptar, tolerar y por sobre todo valorar la diversidad, entender que todos somos diversos y que co-construimos realidades a partir de la convivencia con otros [4].

Cada vez es más recurrente observar y leer el eslogan universidades inclusivas, declaración que suena como garante de derechos sobre inclusión educativa. Las instituciones de educación superior se autoproclaman inclusivas como punta de lanza, sin detenerse a reflexionar sobre las condiciones que poseen aquellos quienes fueron incluidos, por un lado, y por otro, en qué significa esta nueva demanda estudiantil. En este sentido [4] hace alusión a que, antes de incluir, se debe pensar de qué se trata el habitar juntos al interior de la institución.

Esta mirada inclusiva va más allá del mero acto físico de estar dentro, sino más bien a la interacción compleja desde la diversidad propia del ser humano y a partir del reconocimiento de la heterogeneidad, es más, desde la valoración de diversidad del estudiantado como oportunidad de aprendizaje y mejora continua en colaboración mutua en espacios comunes.

Provocado el encuentro entre el profesorado y estudiantado en un sistema educativo que se limita a establecer relaciones más o menos jerárquicas, la provocación apunta a establecer un sistema relacional con el otro, para hacer crecer la relación pedagógica, desde la humanidad y, por ende, desde la diversidad, lo que [4] propone como una *disposición a un pensamiento firme acerca del encuentro en sí, de la relación pedagógica como tal.*

Al gestarse la relación pedagógica el profesor reconoce en el otro, un otro diferente y valioso, un estudiante humano, complejo y real, tan real como lo es él y tan complejo como es todo ser humano, lo que [4] reafirma como una inclusión desde la dimensión *relacional*, aspecto que podría ser considerado una obviedad, pero que escasea en contextos universitarios donde si bien existe una relación, ella dista del cometido inclusivo, está más bien centrada en el exitismo y la competitividad académica.

La idea de incluir, entre otras cuestiones, subyace a la igualdad de derechos, en este sentido lo operativo que se observa en las universidades en materia de igualdad, es la concepción de *gratuidad* regulada políticamente, ésta corresponde a una forma de igualdad provocada, en una misma línea de oportunidades sin mediar los méritos, lo que suele ser cuestionado sobre todo en contextos universitarios tradicionalistas y en carreras elitistas, en las que la selectividad no es tan solo académica.

De este modo, [5] se refieren a la idea de igualdad como una forma gratuita de habitar las relaciones humanas, sin intervenirlas ni instrumentalizarlas, sin aprovechar ni aprovecharse de nadie, sin usar a nadie, en otras palabras, sin segundas intenciones. Esta mirada idealiza la concepción de relaciones humanas, contraria a una realidad cuestionadora sobre el otorgamiento de oportunidades a quienes son diferentes. Allí el mercantilismo de los currículos con enfoque por competencias pesa al momento de alcanzar un perfil de egreso declarado públicamente al que la institución se ha comprometido.

Hay una tendencia a justificar la desigualdad a través de la meritocracia, afirmando que la justicia consiste en que se ocupe un lugar superior aquel que se lo haya ganado, sin mediar la consideración de sus condiciones ni contextos. Bajo esta mirada se exige a todos por igual, a través de los mismos estándares, esos estándares de calidad que finalmente podrían fomentar las condiciones desiguales en la educación. En las universidades se exige, a nivel curricular, el desarrollo de competencias que tributen al logro de un perfil de egreso preconcebido y en tal sentido, no está en tela de juicio si la totalidad del estudiantado posee los atributos para cumplir con ese cometido. Quizá la universidad sea uno de los últimos lugares donde no sea necesario ganarse la vida para demostrar estar preparado para cumplir con un estándar preconcebido.

Quizá sea un lugar donde se potencien las condiciones y se valoren las diferencias, para el desarrollo no tan solo de competencias procedimentales relacionadas con una disciplina de especialidad en un área del saber, sino también el desarrollo de habilidades para la vida en sociedad y en comunidad con un sentido de pertenencia a ella. Tal vez el oficio del profesorado no consista en otra cosa que en custodiar esa gratuidad.

En función de lo abordado [6] quien plantea como aprendizaje de la nueva era educativa lo siguiente, *he aprendido a desconfiar de cualquier nosotros*, con ello se refiere a enunciados que actualmente son tendencia hacia una nueva nomenclatura con la pretensión de incluir sin una identidad posicional de tipo nosotros los profesores, nosotras las mujeres, entre otros. Frente a esto se necesita un lenguaje verbal y no verbal inclusivo, no caricaturesco, en suma, un lenguaje en el que hablar y escuchar, leer y escribir, sea una experiencia, no una tendencia. La experiencia que posea el profesorado en la aplicación de estas nuevas formas de relacionarse, expresar ideas y ejercer la pedagogía, serán insumo sustancial para la creación de nuevas competencias de camino a la consolidación de procesos de inclusión educativa.

## 2.2 El aprendizaje experiencial como insumo para las competencias pedagógicas inclusivas

El aprendizaje a partir de la experiencia se sitúa y circunscribe a un momento histórico. Cuando se otorgan significados a esas experiencias es cuando éstas se convierten en aprendizajes significativos. Dentro de este marco [6] concibe la experiencia como *un viaje* y lo plantea como un viaje donde no necesariamente todo pueda ser planificado. Este interesante planteamiento releva la experiencia y el aprendizaje experiencial desde la interpelación a lo tradicional y a partir de la extrañeza de lo nuevo, allí hay despoje identitario tradicional muy común en las universidades, derivado de prácticas hegemónicas históricas, donde el profesor replica lo de antaño.

Cuando la experiencia se convierte en aprendizaje, comienza un proceso de construcción del nuevo conocimiento y desarrollo consecuente de nuevas competencias. En efecto, el desarrollo de competencias a partir del aprendizaje experiencial según [7, 8] se enfocan en aquellos atributos que debe desarrollar el profesorado y la actitud propositiva que debe cultivar para comprender las necesidades del estudiantado al tiempo que va forjando tanto su identidad docente y estimula la del estudiantado, estos autores lo plantean desde las vivencias y desde la aplicación en la práctica. Por su parte, [8-10] coinciden en que las competencias pedagógicas inclusivas son sustanciales en la toma de decisiones para la enseñanza, realzan el desafío de tener que aplicar prácticas pedagógicas inclusivas y refieren que sería imperioso profundizar en las competencias de quienes manejan el timón en tareas micro curriculares.

Las prácticas pedagógicas inclusivas, van más allá de las tendencias actuales respecto a la inclusión educativa, las nomenclaturas no sexistas y el uso del lenguaje inclusivo. Apuntan a un compromiso genuino del profesorado en validar y valorar las diferencias, aprender de ellas y fomentar *espacios verdaderamente inclusivos* [14] o que está relacionado con las características de las personas en el marco de un proyecto institucional.

La evidencia actual respecto de cómo influye la actitud y motivación del profesorado frente a las prácticas pedagógicas inclusivas, expone que éstas dependen del grado de involucramiento que logre el profesorado. Implicarse sería sustancial para identificar necesidades educativas y en base a ello diversificar las metodologías de enseñanza y evaluación. Se evidencia la necesidad de formación continua del profesorado universitario, para otorgar respaldo a esas motivaciones [8,9,11] potenciar la calidad educativa. En la medida que el profesorado se comprometa y se disponga al aprendizaje considerando sus vivencias previas, presentará condiciones de apertura a prácticas transformadoras.

## 2.3 Cómo aportar a la transformación educativa desde el aula

En Chile los discursos aludidos a una reforma educativa se escuchan desde la década de 1960, ello con el afán de refundar un sistema solapado por prácticas hegemónicas, lo que se concreta con la aparición de nuevas leyes de la educación [12]. Antaño en Latinoamérica, se atribuía mérito de transformación a las leyes; en la actualidad se concibe este mérito como multifactorial, bajo la performance de diversos actores

a diferentes niveles del sistema educativo. En estas décadas de trayectoria, las reformas educativas han ocurrido de manera diferenciada conforme a sus necesidades locales y en atención a las coyunturas propias de cada país, observándose importantes diferencias en la región, respecto de los consensos sociales en torno a éstas y a su relación con las políticas de estado en general, y al papel que juega el conocimiento en particular, como eje clave en materia transformacional.

La tradición universitaria perpetuó un modelo educativo tradicional hasta la llegada del enfoque por competencias en la década del 1990, este enfoque permeó el sistema educativo Latinoamericano, provocando innovaciones curriculares y cambios en la gestión educativa que implicaron una planeación estratégica de implementación diferenciada en los países de la región. Para ejecutarla, entre otras cuestiones, los gobiernos e instituciones de educación tuvieron que invertir en el capital humano, lo que releva la teoría del capital humano TCH, que corresponde a la capacidad del profesorado en la alteridad educativa y en la provocación del desarrollo de competencias en el estudiantado.

En este sentido, [13] plantean la *necesidad de una nueva formación para el profesorado*, aluden a la adaptación que deberían experimentar las universidades de cara a los cambios. En este orden de ideas, postulan que las instituciones deben apartarse y prestar atención a los procesos de innovación subyacentes, al mismo tiempo que deben establecer estrategias de abordaje y centrar los esfuerzos en quienes implementarán las reformas a nivel de aula.

Pese a estos esfuerzos, se dificulta estar a la altura de las demandas de una sociedad en constantes y vertiginosas modificaciones. Por consiguiente, las universidades pretenden cambios y éstos implican una multiplicidad de factores a diferentes niveles. La conjunción de esos factores complejiza los procesos, lo que se asocia a momentos de crisis y tensiones. Estas reformas a ojos de [12], son *el resultado de la particular dinámica que establecen los actores en torno a las cuestiones de la agenda*, ellos ratifican la idea de contexto y multiplicidad de actores que interfieren para que las transformaciones se concreten, reto pendiente por alcanzar.

Por otro lado, todo cambio supone un cierto grado de resistencia, lo nuevo, lo novedoso es poco confiable, salir de la zona de confort desafía, interpela y tensiona. De esta resistencia nadie está exento y sumado a la diversidad de los miembros comunidades universitarias, se heterogenizan las posibles respuestas al cambio, es allí donde la institucionalidad cobra sentido y constituye respaldo para el accionar a paso firme de la comunidad educativa. Dentro de la categoría miembros de la comunidad educativa, el profesorado posee un rol central, dado su papel primordial en la conformación de la esencia por la cual fue gestada la universidad.

En este sentido, [13] afirman que el profesorado sería parte significativa de una comunidad educativa desde el cumplimiento de su rol, ligado estrechamente con la génesis de ésta, lo posiciona como actor clave en la creación de productos académicos factibles de ser medidos mediante indicadores de calidad educativa, tales como: implementar un proyecto educativo, planificar la enseñanza identificando métodos ad-hoc a las características del estudiantado, gestionar recursos para la enseñanza y la docencia, y convertirse en un facilitador el aprendizaje del estudiantado. En suma, lo proyecta como un piloto de la educación, un director que planea diseña, ejecuta y evalúa desde la mirada reflexiva en torno a su práctica pedagógica, una práctica diversificada en atención a las características del estudiantado, vale decir una práctica pedagógica inclusiva [14].

Al profundizar en la relevancia del rol docente y cómo la TCH [15] abona en la implementación de reformas educativas, surge el análisis de los 2 presupuestos de la teoría: 1) el primero, implica el desarrollo profesional docente de manera continua y en respuesta a las demandas del contexto, y 2) el segundo, supone el estudio cuantificado de los años de experiencia como vehículo para incrementar la productividad. En este segundo punto, es meritorio analizar cómo la experiencia abona en el desarrollo de las competencias pedagógicas inclusivas del profesorado, tal como lo señalan [16] *la competencia también se moldea con la experiencia que se vaya acumulando*. Este aprendizaje experiencial resulta interesante dado que, en materia de formación en inclusión educativa hay una brecha indiscutible.

La experiencia como fuente de aprendizaje se torna un instrumento para el profesorado, pasar de la vivencia a la atribución de significados, y a partir de ellos, aprender, resolver conflictos y reflexionar, sobre cuáles serán las prácticas que deberá mantener, cuáles modificará y cuáles serán abandonadas, son señales concretas de esta forma de aprender. Esta mirada se relaciona con la capacidad de gestión curricular a escala de aula que posea cada profesor, atributos que ha generado en su trayectoria a partir de la mixtura que le otorgan poseer un respaldo de conocimiento teórico-práctico y las vivencias de la implementación al interior de cada aula.

En base a esta perspectiva de aula y a propósito de reflexiones docentes, el profesorado se debe plantear qué y cómo planifica y gestiona la implementación de leyes, por ejemplo, para implementar la ley de inclusión educativa [12], plantean la definición de *tiempos pedagógicos* como aquel recurso intangible que no se contempla en las decisiones institucionales, ni menos en las estatales, al momento de definir un nuevo marco regulatorio. Ese tiempo implica ir más allá del mero cumplimiento de una norma, puesto que conforma el proceso de resignificar la nueva configuración sistemática de la educación, implica las prácticas pedagógicas del profesorado, su génesis y su puesta en práctica al interior del aula.

En el ejemplo, la ley de inclusión educativa en Chile [17] establece la admisión de todos y todas a la educación, elimina el financiamiento compartido y prohíbe el lucro en establecimientos educacionales de cualquier nivel que reciban aportes del estado. Esta ley ha generado relevantes cambios en las instituciones educativas chilenas, cambiando el escenario de antaño y provocando espacios de inclusión educativa para lo cual no todas las comunidades universitarias estaban preparadas.

En atención a las nuevas demandas de inclusión y por ende de calidad educativa, se requiere de una gestión curricular eficiente a escala de aula, es decir, se precisa que el profesorado desarrolle cierto tipo de competencias a partir de un entrenamiento dirigido a cultivar atributos específicos en materia de inclusión educativa adicionales a las competencias pedagógicas propias. Ahora deberá cultivar el desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas para identificar necesidades específicas al momento de implementar el currículo, plantear indicadores de seguimiento de procesos, generar acompañamiento en las trayectorias educativas implementadas a partir de esta ley [17] y diversificar los mecanismos de evaluación en coherencia con los propósitos para la transformación del sistema educativo. Si las prácticas pedagógicas tienen la connotación de ser inclusivas, además el profesorado deberá considerar la *valoración de la diversidad del estudiantado* como premisa básica de la relación pedagógica [14].

En lo esencial, la gestión curricular de aula y en particular la planificación de la evaluación es recomendable tomar en cuenta el enfoque centrado en el estudiantado, incluirlos en la toma de decisiones en torno a las diversas formas en que serán evaluados, considerarlos en la aplicación de diversos tipos de evaluación, por ejemplo; realizar evaluaciones de proceso (coevaluaciones o autoevaluaciones formativas) y de resultado (coevaluaciones, autoevaluaciones y heteroevaluaciones), más bien, propender a una evaluación auténtica y referida a criterios predefinidos y socializados, proponerse que el estudiantado se implique en sus procesos, participando activamente en ellos. La invitación apunta a desbordar las antiguas prácticas únicas de evaluación, centradas en objetivos no en aprendizajes, más bien, plantear un conjunto de actividades evaluativas de diverso carácter donde no necesariamente se concluya en una calificación [18].

Para el logro de estos anhelos educativos en base a las transformaciones reguladas a todo nivel, queda en evidencia que para implementarlas se requiere del desarrollo de competencias pedagógicas, que pavimentarán el camino para transitar hacia nuevos enfoques en la enseñanza. Pasar del foco centrado en la capacidad que tiene el profesorado de acertar, al foco de potenciar el aprendizaje del estudiantado, considerando y valorando su diversidad, todo ello asociado al supuesto de este nuevo enfoque, la lógica del trabajo autónomo del estudiantado [18].

La bajada del currículo al interior del aula estimula la toma de decisiones en torno a métodos, didácticas y evaluaciones que conlleva una articulación técnico-metodológica que propicia la relación entre los aprendizajes esperados y los procedimientos elegidos. Al retomar el ejemplo y plantear este desafío desde el desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas, se agregan atributos que el profesorado debe demostrar de camino a la construcción de un *perfil del profesor universitario inclusivo* [14] como parte de

las competencias necesarias para satisfacer diversidades del estudiantado, performance implícita en la articulación de una serie de competencias específicas de pedagogía inclusiva demostrables en cuatro niveles de escalamiento: básico-medio-competente-avanzado por cada competencia. En esta materia, [16] refieren que *son las situaciones y el contexto las que demandan el despliegue de determinadas competencias y no al contrario*, plantean que las competencias no se adquieren en un solo momento, tampoco se demuestran en un solo contexto, son un aprendizaje continuo que el profesorado universitario debe proponerse desarrollar para mejorar su práctica, el aprendizaje de otros y tributar a entornos de aprendizaje inclusivos.

### 3. MÉTODO

En este trabajo expone una parte de la primera fase de un estudio de mayor alcance. Corresponde a un estudio de diseño emergente inductivo, retrospectivo, transversal [19]. Aborda las experiencias pedagógicas inclusivas de los profesores que laboran en universidades chilenas que se declaran inclusivas en sus proyectos institucionales, para [20], aquellos profesores representan el universo del estudio, para realizar un análisis profundo de sus vivencias. Se aplica un protocolo de investigación de tres fases y para efectos de este trabajo se exponen los resultados del momento cuantitativo de la primera fase que contiene una mixtura a nivel técnico-metodológico lo que coincide con las recomendaciones de usar más de un método en la recolección de datos e información para los estudios de caso, lo que se expone en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Mixtura técnico-metodológica de la primera fase del estudio

Pregunta subsidiaria	Objetivo específico	Técnica de recolección de información
¿Cuál es el nivel de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas alcanzado por el profesorado?	Valorar el nivel de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas alcanzado por el profesorado.	Cuestionario mixto: 1. -28 ítems de recolección de datos 2. -5 ítems de respuestas abiertas.

A nivel paradigmático se presenta una delimitación única y no mixta ya que forma parte de un estudio a mayor escala que corresponde a una investigación adscrita al paradigma cualitativo fenomenológico de tipo interpretativo, corresponde a un estudio de casos típico.

Los participantes o casos del estudio son 33 profesores que laboran en 6 universidades inclusivas de diferente tipo de gobernabilidad; privada, estatal, tradicional, todas pertenecientes al Consejo de Rectores de Universidades chilenas CRUCh. El objetivo de esta primera fase es analizar las valoraciones del profesorado universitario sobre el desarrollo de sus competencias pedagógicas inclusivas alcanzadas para atender a la diversidad del estudiantado, esto visto desde sus experiencias.

Para ello se aplica un cuestionario previamente validado, éste presenta un doble propósito; colabora en conocer las valoraciones del profesorado respecto al desarrollo de sus competencias y por otro lado, abona en la selección intencionada de aquellos participantes que reúnen las condiciones de caso típico para profundizar en las categorías centrales del estudio en la siguiente fase. Se distribuye el instrumento a profesores que cumplan con los criterios de selección de informantes detallados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Criterios de selección de participantes

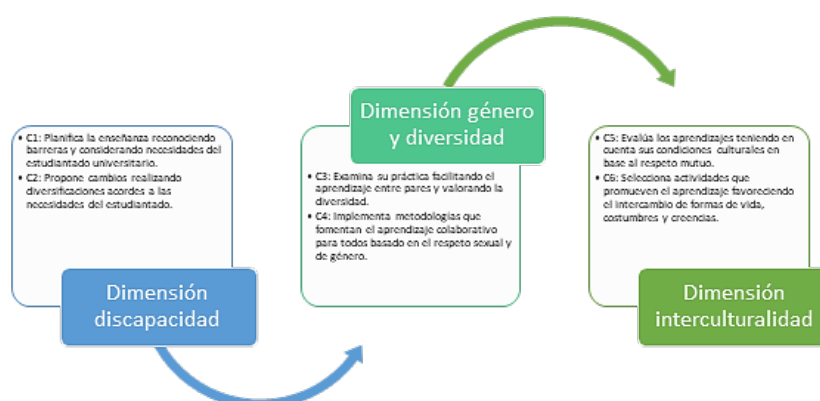
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ser profesor de una las Universidades del CRUCh que se declare inclusiva</li> <li>▪ Pertenecer a las facultades de medicina (Carrera Enfermería) o filosofía-humanidades/ Educación (Carrera Educación Parvularia)</li> <li>▪ Habilitación pedagógica vigente o un homólogo dependiendo de la universidad seleccionada</li> </ul>
--

Como antesala de la salida al campo de estudio se diseña, construye y valida un instrumento de recolección de información, que corresponde a un cuestionario mixto para valorar del nivel de competencias pedagógicas inclusivas alcanzado por el profesorado universitario. Tanto el diseño como la construcción del instrumento fue en colaboración con Contreras, especialista en comunicación y educación, y Barría, especialista en metodología y estadística, quienes abonaron en supervisar el proceso otorgando coherencia al mismo. Para este avance se revisó material teórico aludido al diseño y construcción de cuestionarios, teoría sobre la categoría objeto de estudio que además abonan al marco teórico conceptual y al estado del arte del estudio.

Paralelo al proceso mencionado se realiza la construcción de instrumentos de validación de contenido y apariencia del cuestionario, para lo cual se utilizan las directrices y criterios propuestos por Hernández-Nieto; coherencia, claridad, escala, relevancia. Para llevarlo a cabo se solicitó la evaluación a cuatro jueces especialistas: Farías, Muñoz, Uribe y Morales, quienes aplican dicho instrumento, otorgan puntuación según los puntajes detallados en el instrumento de validación. Obtenido los resultados de las puntuaciones otorgadas por el grupo de especialistas, se somete a validación de contenido, para ello se exportan los datos a una planilla Excel y se aplica fórmula de Coeficiente de validez de Hernández-Nieto, que permite valorar el grado de acuerdo de los especialistas respecto de cada uno de los ítems o preguntas de un instrumento.

Obtenida la validación de contenido Coeficiente de Hernández Nieto Coef 0,94 y de apariencia por especialistas, el cuestionario se somete a pilotaje a una población de 30 profesores universitarios de similares características a los participantes del estudio. A partir de las retroalimentaciones se realizan ajustes al instrumento post validación y pilotaje.

El instrumento de recolección de información aplicado permite analizar dos dimensiones centrales que para efectos de este estudio corresponden al sub-aspecto del constructo que contiene los indicadores valorados por el profesorado universitario; la dimensión 1: valoración de la diversidad del estudiantado, respecto de la valoración ante la diversidad, ésta se relaciona con el desarrollo de las competencias pedagógicas inclusivas alcanzadas por el profesorado; la dimensión 2: actitudes del profesorado frente a las competencias inclusivas que deben desarrollar, respecto de estas actitudes y acorde a cómo fueron formulados los ítems, se sitúa al profesorado en una situación particular frente a lo cual debe seleccionar una opción de su práctica docente, ello demuestra el nivel de desarrollo de las competencias que tendría éstas se encuentran detalladas en la Figura 1.



**Figura 1.** Competencias pedagógicas inclusivas del profesorado universitario.

Vale mencionar que, dadas las características del instrumento aplicado, puesto que contiene una mixtura en la recolección de datos y de información, se inicialmente analizan los datos obtenidos por respuestas de ítems cerrados compuestos por variables ordinales y nominales, ello permitió analizar las características sociodemográficas de segmentación de los informantes como: tipo de universidad y carrera donde cada caso ejerce la docencia, utilizando SPSS, que es lo que se presenta en este trabajo. Se crea una base de datos, se limpia y codifica a cada caso para resguardar su identidad.

El principio de confidencialidad se aborda desde el anonimato de los informantes de su participación, en el procesamiento y divulgación de los resultados. No se les solicita el nombre a los participantes, en el cuestionario se les asigna un código para resguardar su identidad, este código se obtiene escribiendo las dos primeras letras con las que comienza el nombre de su madre, luego se asigna un número correlativo y se codifica por ejemplo Gu01.

Posteriormente, se inicia análisis descriptivo y luego de tipo inferencial, cabe destacar que estos análisis son el complemento cuantitativo del estudio y constituyen la base para la selección intencionada de informantes en la fase siguiente. Luego se proyecta un segundo análisis, ahora de la información obtenida por respuestas abiertas, mediante ATLAS. Ti que no se expone en este apartado, sin embargo, es relevante poner en contexto este doble análisis puesto que se justifica desde una mirada inicial de la salida al campo

de investigación, considera una caracterización macro de los informantes, para luego ir decantando en sus vivencias a través de las experiencias pedagógicas inclusivas que señalan.

Por otro lado, la salida al campo implica contar con autorización previa del comité de ética de investigación en humanos de la Universidad Austral de Chile, quienes luego de revisar el protocolo de investigación otorgan visto bueno considerando resguardos de privacidad, confidencialidad, procesamiento y almacenamiento de la información. Cumplido el rigor ético, se inicia el procedimiento de ponerse en contacto con las autoridades de las universidades implicadas para solicitar autorización de contactar a los profesores, se contactan los profesores, se les explica el tenor y alcance del estudio y se les solicita firmar consentimiento informado de participación en el estudio.

Finalmente, con relación a la selección de casos, se consideran aquellos profesores de formación inicial pedagogos, como aquellos que no poseen formación inicial en pedagogía, vale decir, quienes que se desempeñan en las Facultades de Medicina y Filosofía-Humanidades de Universidades que se declaren inclusivas. Puntualmente se eligen profesores de imparten clases en la Carrera de Enfermería (como no pedagogos) y en Pedagogía en educación parvularia (como pedagogos de formación inicial).

#### **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

La distribución obtenida del perfil sociodemográfico de segmentación de los participantes, según identidad de género muestra que un 84.8% se reconoce como cisgénero femenino, un 6.1% declara identificarse con cisgénero masculino, un 3% se identifica con tercer género neutral no binario y un 3% con género fluido. Esto se puede relacionar con las características de las dos carreras seleccionadas como área de desempeño del profesorado, puesto que según [22, 23] son disciplinas históricamente marcadas por la presencia femenina aludidas al cuidado de otros.

De esto se desprende una tendencia respecto de la carrera en la que ejercen la docencia con un 78,8% para carrera de enfermería y el 21,1% restante en la carrera de educación parvularia. Al mismo tiempo, comienzan a aparecer declaraciones en torno a las expresiones del profesorado respecto de su identificación con otras nomenclaturas de géneros, lo que denota cambios no tan solo a nivel del rol que juegan en las instituciones, sino también en su ámbito de acción personal que puede otorgar un sello al momento de implementar el marco regulatorio institucional en materia inclusiva. En cuanto a la nacionalidad, predomina la chilena y 9% de los participantes se identificó con un pueblo originario.

Respecto de las características de las universidades donde laboran, destaca que, según el tipo de gobernabilidad y nivel de docencia, se observa una distribución homogénea de los participantes con un 33,3% para universidades estatales, privadas y tradicionales respectivamente. Frente a esta distribución es destacable mencionar que, si bien este estudio no tiene como propósito generalizar, sí presenta una representación tipo transferencia lo que [21] llama generalización analítica, propia de los estudios de caso y dadas las características del sistema mixto de educación superior chilena, es sustancial contar con la participación de profesorado que se desempeña en diferente contextos, ello se puede extrapolar a las capacidades que han desarrollado en torno a las competencias puesto que para este estudio es preciso considerar que la movilización de recursos que haga el profesorado cada vez que demuestra su nivel de competencias pedagógicas alcanzado, se debe analizar en un contexto particular que más adelante se planteará en coherencia con las oportunidades de formación en pedagogía inclusiva que las instituciones han ofrecido al profesorado.

Al preguntar si en la universidad donde labora se declara inclusiva y posee alguna entidad dedicada a esta materia, sobre el 90% de los participantes afirma laborar en una universidad inclusiva, sin embargo, solo el 54,5% de ellos señala conocer una entidad dedicada a la inclusión educativa, puesto que el grupo restante declara desconocer si cuenta con ese apoyo institucional. Ello denota una falta de comunicación interna de las instituciones que mantenga al tanto al profesorado de las implementaciones de la política inclusiva en educación vigente en Chile, al mismo tiempo que se podría considerar una desmotivación del parte del profesorado al no tener en cuenta la posibilidad de incluir y trabajar en colaboración con los equipos especializados que deberían poseer las universidades inclusivas.

En esta materia, la oferta de universidades a nivel nacional y por ende de proyectos educativos se diversifica. Esta exploración inicial del perfil del profesorado respalda las decisiones como estudio de casos típico en sus diferentes contextos institucionales.

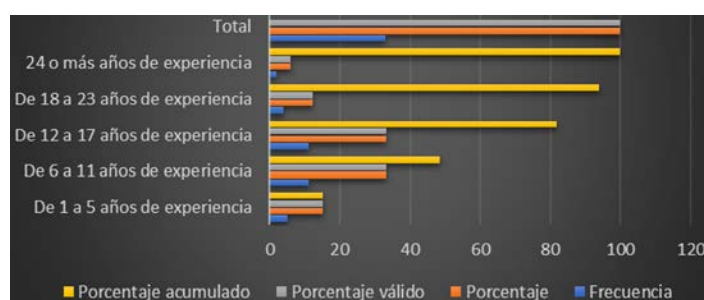
Los informantes presentan tendencia a la dedicación de docencia pregrado con un 66,7% frente al 33,3% en postgrado, lo que puede estar relacionado con las características de las instituciones seleccionadas y su distribución interna del profesorado con énfasis diferenciados, se puede interpretar como una mayor cobertura del cometido incluso dado que es tendencia en las universidades chilenas que el mayor número de estudiantes se concentre en pregrado. Al mismo tiempo que distribuyen la planta docente, según se expone en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Distribución del profesorado, según planta laboral a la que pertenece

Planta adscrita	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Académica	21	63,6	63,6	63,6
Adjunta	9	27,3	27,3	90,9
Otra	3	9,1	9,1	100
Total	33	100	100	

Destaca que el 63.6% pertenece a la planta académica de sus instituciones por sobre el 27,3% de la planta adjunta y solo el 9.1% identificados como otras plantas docentes como por ejemplo aquellos profesores contratados a honorarios de manera esporádica. Estos datos muestran que los participantes deberían conocer las características de los proyectos institucionales de donde trabajan, tenerlos en consideración para implementar mediante propuestas macro y micro curriculares que le permitan llevar a cabo una gestión curricular a nivel de aula acorde a las demandas del medio y conforme a los planteamientos institucionales, ello porque entre académicos y adjuntos son más del 90% de los encuestados, siendo un mínimo de profesores que podrían estar menos impregnados de dichos proyectos y que en base a ello podrían presentar algunas limitaciones en el desarrollo de sus competencias pedagógicas inclusivas y por ende en la provocación de la alteridad e inclusión educativa.

Respecto de la distribución de participantes según los años de experiencia que presente, en la Figura 2 se observa un profesorado experimentado en contextos universitarios, incluso con más de 20 años de experiencia laboral en estos entornos, lo que habla de la exposición a la diversidad estudiantil y el insumo experiencia como base para la construcción de competencias pedagógicas inclusivas.



**Figura 2.** Caracterización del profesorado según años de experiencia docente

En cuanto a la distribución según años de experiencia en docencia universitaria se evidencia una tendencia central con dos grupos de profesores; un grupo que posee entre 6 y 11 años de experiencia con un 33% y aquellos que tienen entre 12 y 17 años de experiencia con otro. Aquellos profesores que tienen menos de 5 años de experiencia alcanzan solo el 15.2% mientras que quienes poseen más de 18 años de experiencia docente son el 18,2% del total de participantes. La media aritmética obtenida fue de 12,5 años de experiencia docente. Estos datos evidencian que el profesorado encuestado presenta vasta experiencia en entornos universitarios en constante transformación.

La experiencia docente y en especial el aprendizaje experiencial como pieza clave analítica de este estudio se expone como hito clave en la construcción social del aprendizaje y desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas, determinado por aquellas vivencias que el profesorado ha experimentado a lo largo



de su trayectoria. La atribución de significados que cada profesor otorgue a esas experiencias es insumo para la creación del nuevo conocimiento y que será parte del análisis de la segunda parte de esta primera fase del estudio. Considerando que la media supera los 12 años de experiencia en la vida académica es factible tener en cuenta esos años como insumo en el desarrollo de conocimiento. En este sentido será interesante buscar respuestas en el segundo momento de esta fase donde se describe el tipo de experiencia que han vivido los participantes y cómo esas experiencias han contribuido en la formación de nuevas competencias pedagógicas en la específica área de la inclusión educativa que lo habilite en el establecimiento de relaciones colaborativas con el estudiantado de cara la provocación de entornos inclusivos.

Por otro lado, se les consultó si contaban con formación en pedagogía inclusiva y cómo habían accedido a ella, frente a lo cual casi el 40% de los participantes no cuenta con formación en esta área de la pedagogía y aquellos que si la poseen en su mayoría accedieron a ella mediante cursos que la universidad donde labora programó como habilitación pedagógica inclusiva en el contexto de la declaración de universidad inclusiva, lo que es coherente con los proyectos educativos comprometidos. Llama la atención que el 36% de los participantes refiere haber aprendido de pedagogía inclusiva a partir de su experiencia y de la transferencia de experiencias de colegas. Estos hallazgos relevan el aprendizaje experiencial y el trabajo en equipos de colaboración mutua.

Al consultar sobre las dimensiones que consideraban como parte de la concepción de inclusión educativa, el 100% de los profesores la relaciona este concepto con la discapacidad y la relación con la interculturalidad y diversidad-género supera el 93% de los participantes. Esta concepción se hace evidente cuando se les plantean diferentes situaciones frente a las que podrían haberse sentido demandados para atender a la diversidad, lo que coincide con la concepción de discapacidad, dado que en su mayoría se inclinaron por los diferentes tipos de discapacidades, sin dar mayor énfasis a las otras dimensiones planteadas, ello denota una perspectiva de la inclusión educativa desde el déficit, a partir de un modelo médico-rehabilitador históricamente instaurado.

#### 4.1 Escala global de valoraciones docentes sobre sus competencias pedagógicas inclusivas alcanzadas

Al ahondar en si los participantes otorgan valor a sus propias competencias pedagógicas inclusivas alcanzadas y teniendo en cuenta una hipótesis inicial de trabajo que postula la idea de que el profesorado valora altamente sus competencias desarrolladas, se acepta la afirmación que la escala global de valoración de los profesores sobre sus competencias pedagógicas alcanzadas presenta una distribución normal, ello fue expresado mediante la prueba paramétrica T de Student. En otras palabras, no se puede rechazar hipótesis de normalidad (H0) con una significancia (bilateral) de 0,090 ( $p < 0,005$ ) (Figura 3).

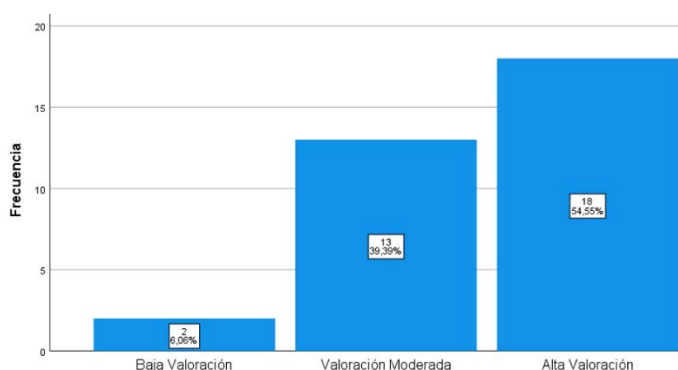


Figura 3. Escala global de valoraciones docentes sobre sus competencias pedagógicas inclusivas

Como se puede observar, más de la mitad del profesorado declara tener una alta valoración hacia el desarrollo de sus competencias pedagógicas inclusivas y menos del 7% de ellos declara tener una baja valoración en cultivar estas competencias. Estos hallazgos reafirman la idea de que si el profesorado se encuentra comprometido con su formación y con la idea de incluir se obtendrá como producto transformaciones sustanciales al sistema educativo. Así mismo, la alta valoración del profesorado respecto del desarrollo de este tipo de competencias habla de un cuerpo académico comprometido con los proyectos

institucionales de aquellas universidades que se autoproclaman como inclusivas. En suma, la valoración de este ámbito se interpreta como una base deseable para la provocación de entornos universitarios inclusivos afrontando los desafíos asociados que la docencia universitaria demandan, sumado a tener en consideración una perspectiva inclusiva que permea un enfoque humanista y social al momento de establecer la relación pedagógica con el estudiantado, se realza la riqueza de valorar este desarrollo y de continuar cultivándolo.

Para analizar este constructo medular derivado del objetivo del estudio se postulan dos dimensiones: 1) valoración de la diversidad del estudiantado, y 2) actitudes del profesorado frente a las competencias inclusivas que deben desarrollar. En términos generales, los baremos de valoraciones docentes sobre diversidad del estudiantado universitario muestran que tres de cada cuatro profesores declaran tener una alta valoración por la diversidad del estudiantado universitario. Al mismo tiempo que la valoración moderada por ésta no alcanza el 19% y la baja valoración no alcanza el 7% lo que evidencia que hay una tendencia actual del profesorado universitario en valorar positivamente la diversidad del estudiantado. Ello denota el desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas de parte del profesorado universitario en coherencia con las competencias declaradas en el perfil del profesor inclusivo en base al cual se analizan estos resultados [14].

#### 4.2 Dimensión 1: Valoración de la diversidad del estudiantado

Al profundizar en la dimensión valoración de la diversidad del estudiantado, es destacable mencionar que esta categoría se compone de 4 ítems del cuestionario. Estos presentan un coeficiente de confiabilidad interna de Alfa de Cronbach valor  $\alpha$  de 0,853 lo que da cuenta de ser una categoría factible de ser analizada puesto que posee consistencia interna. Entonces, respecto de esta dimensión los resultados muestran que sobre el 75% del profesorado presenta una alta valoración de la diversidad del estudiantado universitario, tal como se observa en el Figura 4, donde se puede apreciar que la baja y moderada valoración de la diversidad representa el 8% del profesorado de los encuestados.

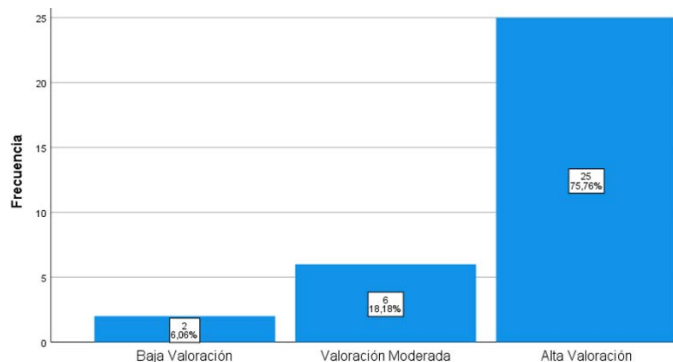


Figura 4. Valoraciones docentes sobre la diversidad general del estudiantado

La declaración de alta valoración de la diversidad del estudiantado es un hallazgo relevante para efectos de ese estudio interpretando este dato como garante de algún grado de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas en los participantes. Es claro que aún hay quienes no consideran la diversidad del estudiantado como una oportunidad de aprendizaje y de trabajo en colaboración mutua desde las relaciones pedagógicas. En este sentido queda el desafío y la sensación de tener que seguir convenciendo a algunos de modificar conductas hacia la conformación de comunidades inclusivas.

Al continuar con el análisis de esta dimensión y detenerse en su distribución, se aprecia que ésta se distribuye de manera no normal lo que se comprueba a través de la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov con un nivel de significancia de .003 ( $p < .005$ ) por lo que se rechaza la hipótesis de normalidad ( $H_0$ ), ello implica que en este grupo de informantes la distribución no es conforme a las características esperadas de distribución de un grupo determinado y en este caso se interpreta como una heterogeneidad dentro de las valoraciones atribuidas a la diversidad del estudiantado por parte de este grupo de informantes, lo que viene a ratificar la mirada de avance en materia de inclusión educativa sin dejar de lado la premisa de que implica un proceso continuo de transformación.

### 4.3 Dimensión 2: Actitudes del profesorado frente a las competencias inclusivas que deben desarrollar.

Esta dimensión se compone de 5 ítems los que presentan un coeficiente de confiabilidad interna de Alfa de Cronbach valor  $\alpha$  de 0,833 ello da cuenta que es una categoría factible de ser analizada puesto que posee consistencia interna. A partir de ello se obtiene como hallazgo de estas actitudes, como se puede apreciar en el Figura 5, más de la mitad de los profesores declara tener una alta valoración hacia las competencias pedagógicas inclusivas y, por el contrario, solo el 7% de ellos declara tener una baja valoración frente a las competencias inclusivas que debe desarrollar. Al igual que en la dimensión anterior, el profesorado declara una alta actitud de valoración frente a las competencias que ha ido cultivando, las logra identificar de manera clara, las declara usar en sus prácticas pedagógicas, lo que da cuenta de algún grado de desarrollo de las mismas.

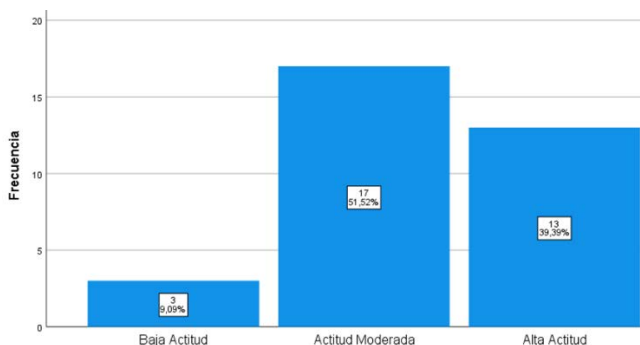


Figura 5. Actitudes docentes frente a sus competencias pedagógicas inclusivas

Esta dimensión se construye a partir del escalamiento de las seis competencias que componen el perfil del docente inclusivo [14], de ese escalamiento derivaron los ítems del cuestionario y mediante ese instrumento se logra identificar la valoración que el profesorado atribuye.

Respecto de la distribución de las respuestas en torno a esta dimensión, se acepta la afirmación que las actitudes docentes frente a las competencias inclusivas que deben desarrollar se presentan en una distribución normal expresada mediante la prueba paramétrica T de Student por lo tanto no se puede rechazar hipótesis de normalidad ( $H_0$ ) con una significancia (bilateral) de 0,189 ( $p < 0,005$ ), lo que se relaciona con lo esperado en un grupo determinado de personas, y en este caso se interpreta como un grado de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas ratificando lo anteriormente señalado. Estas pruebas permiten conocer las valoraciones del profesorado antes de la salida cualitativa al campo y por ende posibilita la selección intencionada de aquellos informantes que estén en el grupo de quienes han desarrollado competencias pedagógicas inclusivas para profundizar en las experiencias.

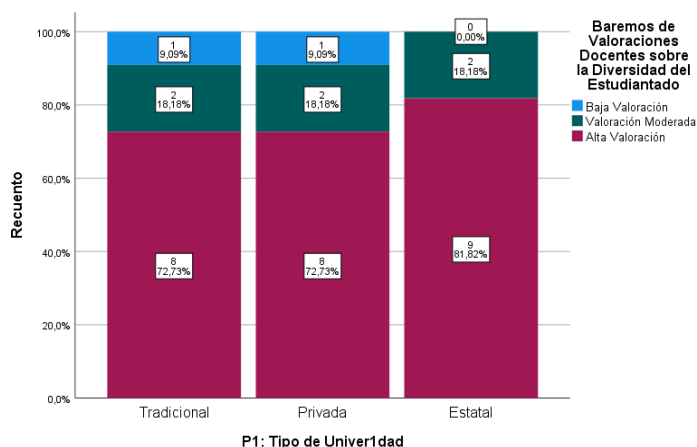
Teniendo en cuenta el objetivo analizar las valoraciones del profesorado universitario sobre el desarrollo de sus competencias pedagógicas inclusivas alcanzadas para atender a la diversidad del estudiantado universitario según tipo de universidad donde labora y carrera donde ejerce la docencia y considerando la distribución por género ampliamente hacia el profesorado femenino se aplica prueba T de Student para identificar si el género con el que se identifica el profesorado se relaciona con la valoración que otorgan al desarrollo de sus competencias pedagógicas inclusivas. Frente a ello se obtiene un nivel de significancia (bilateral) de 0,085 ( $p < 0,005$ ) por lo tanto no se puede rechazar la  $H_0$  lo que implica que no habría una relación entre el género del profesorado con la escala global de valoraciones docentes sobre sus competencias pedagógicas inclusivas alcanzada.

Este hallazgo es prueba de que no hay distinción entre la identidad de género y las valoraciones que presenta el profesorado frente al desarrollo de competencias en cuestiones de inclusión, lo que es ampliamente coherente con el cometido inclusivo, desde la lógica de la práctica de las propias concepciones y en atención a un ambiente laboral alineado con los pilares de los proyectos institucionales de universidades que se declaran inclusivas.

Al mismo tiempo no existe relación entre la carrera en la cual laboran los profesores y la con un valor de significancia (bilateral) de 0,449 ( $p < 0,005$ ) arrojado por la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, por

lo que no habría un hecho que conecte uni o bidireccionalmente la carrera ejercen la docencia y la escala global de valoraciones docentes sobre sus competencias pedagógicas inclusivas alcanzada, ello demuestra la similitud que presenta el profesorado pedagogo de formación inicial como no pedagogo al momento de expresar sus valoraciones, en este sentido, impresiona que el profesorado sería influenciado por sus experiencias laborales en pedagogía al formar parte de instituciones autoproclamadas como inclusivas y no estaría condicionado por el tenor disciplinar de su práctica.

Sin embargo, al analizar usando H de Kruskal -Wallis la valoración del profesorado sobre el desarrollo de sus competencias pedagógicas inclusivas y el tipo de universidad donde labora sí se observa una relación con un nivel de significancia de 0,017 ( $p < 0,005$ ) por lo que en este caso se puede rechazar la H0 aceptándose la H1. Lo que viene a ratificar el análisis expuesto en términos estadísticos. Se invita a revisar el Figura 5, donde se relaciona el tipo de gobernabilidad institucional donde laboran los informantes con el nivel de valoración de la diversidad del estudiantado que presentan.



**Figura 6.** Valoraciones docentes sobre la diversidad del estudiantado, según tipo de universidad donde labora

Al conocer que, si hay relación entre las valoraciones del desarrollo de competencias del profesorado con el tipo de universidad, se puede observar en el gráfico que 8 de cada 10 profesores que laboran en universidades estatal presentan alta valoración en cambio 7 de cada 10 profesores pertenecientes a universidades tradicionales y privadas presentan alta valoración por el desarrollo de sus competencias pedagógicas inclusivas.

Los profesores pertenecientes a universidades tradicionales y privadas, ambos presentan un 9% de baja valoración y en el caso de las universidades estatales no hay (0%) baja valoración del desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas. Estas diferencias podrían ser atribuidas a las trayectorias institucionales respecto de la implementación del marco regulatorio vigente en Chile, de los compromisos asumidos en materia inclusiva y de cómo se han abordado las estrategias que han permeado en los currículos y en el profesorado.

#### 4.4 Nivel de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas

Al plantear diferentes situaciones al profesorado donde debían aplicar ciertas competencias en atención a la diversidad en la enseñanza, se les preguntó en un escalamiento tipo Likert que tan capaces se sentían para ejercer esa competencia, frente a lo cual se evidencia que:

- El 42% se auto valora como muy capaz de promover en sus clases la valoración de todas las personas y sus diversidades.
- El 51% se auto valora como capaz de aplicar metodologías de evaluación que estimulan los logros de todo el estudiantado sin distinción.
- El 57,6% se auto valora como muy capaz de incentivar acuerdos y comportamientos sociales al interior del aula basada en el respeto mutuo.
- El 60,6% se auto valora como capaz de apoyar el aprendizaje y la participación de todo el estudiantado.

Estos hallazgos muestran las capacidades que han ido desarrollando el profesorado universitario en atención a la diversidad del estudiantado, se observa una brecha por trabajar en la valoración de la diversidad, en considerarla como una oportunidad de aprendizaje mutuo.

Las cifras son alentadoras dado que en la mayoría de las situaciones planteadas el profesorado se declara como capaz o muy capaz, lo que evidencia aquellos atributos que ha desarrollado debido a que labora en entornos universitarios inclusivos que lo desafían a atender a la diversidad y a aportar a la transformación a nivel de escala de aula.

Luego de un planteamiento solapado de las seis competencias declaradas en el perfil del profesor universitario inclusivo [15], y que dio origen a las dimensiones ya analizadas, se les desafía a los participantes a reflexionar luego de responder el cuestionario y definir en qué nivel de las competencias pedagógicas inclusivas consideran que se encuentran, de ello se obtuvo lo siguiente:

- El 45,5% de los participantes considera que posee un nivel de desarrollo básico de las competencias pedagógicas inclusivas.
- El 24,2% de los participantes considera que posee un nivel de desarrollo medio de las competencias pedagógicas inclusivas.
- El 15,3% de los participantes considera que posee un nivel de desarrollo competente de las competencias pedagógicas inclusivas.
- El 9% de los participantes considera que posee un nivel de desarrollo avanzado.
- El 6% de los participantes considera que no posee desarrollo de las competencias pedagógicas inclusivas.

Como se puede observar un 94% de los participantes considera que posee algún grado de desarrollo de las competencias pedagógicas inclusivas. Mayoritariamente señalan encontrarse en niveles de desarrollo básico y medio con un porcentaje acumulado del 69,7%, ello argumenta la demanda de formación del profesorado en esta materia y denota la autocrítica a partir de la reflexión sobre la práctica pedagógica en un área en particular y en atención a las características de los proyectos educativos de instituciones de educación superior que se autoproclaman como inclusivas.

## 5. CONCLUSIONES

Sobre la respuesta a la pregunta aludiendo al nivel de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas, se logró analizar las valoraciones que los propios profesores atribuyen tanto a sus propias competencias frente a lo cual destaca un nivel de desarrollo básico en su mayoría y medio, lo que implica un llamado de atención a las instituciones en torno a la inversión en el capital humano y en ser coherentes con los proyectos educativos inclusivos.

Considerando que se postuló la idea de alta valoración a la diversidad y a sus competencias que posee el profesorado que labora en universidades inclusivas, se logró comprobar que presentan elevada valoración lo que se relaciona directamente con el nivel de desarrollo de competencias alcanzado.

El desarrollo de competencias del profesorado como parte de su formación profesional como profesor es un proceso dinámico y continuo, en relación con las transformaciones del sistema educativo.

Las competencias son un actuar complejo multidimensional, que implica más que la movilización de recursos y saberes, implica un componente sustancial a nivel personal de cada profesor y valorar la diversidad como una oportunidad.

La motivación personal del profesorado y la sensibilidad frente a las prácticas pedagógicas inclusivas, favorecen la implementación de las reformas y promueven entornos educativos inclusivos.

Sobre el objetivo planteado para esta primera fase del estudio se concluye que el desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas está relacionado con el entorno institucional en el cual se desempeña

el profesor, sin embargo, no con la disciplina en particular a la cual pertenece, ello es clave para definir proyectos institucionales claros y estrategias a todo nivel que propicien la inclusión educativa.

Los aportes del primer momento de la investigación apuntaron a identificar que los informantes seleccionados como casos ejercen la docencia en carreras que poseen de manera implícita un sentido humanista y social, dado que se conciben al servicio y cuidado de otros.

Las características de los casos estudiados apuntan a ser académicos universitarios que se desempeñan mayoritariamente en pregrado y que poseen una amplia experiencia en contextos académicos chilenos donde la política inclusiva ha permeado las prácticas pedagógicas con distinta intensidad.

Frente a la concepción de cuidado, es relevante considerar esta característica de los participantes de este estudio podría decantar en que se identifiquen ampliamente con el cisgénero femenino, dado que las carreras históricamente han estado formadas por mujeres, pese a que en los últimos años se ha evidenciado una apertura a los varones.

Conforme al nivel de desarrollo de competencias pedagógicas inclusivas que el profesorado vaya alcanzado en su trayectoria se proyectan avances en construir entornos inclusivos en la educación universitaria.

Con relación a las implicaciones teóricas y teniendo en cuenta el análisis inicial presentado se concluye que la gestión curricular a escala de aula tributa al desarrollo de proyectos educativos inclusivos a la luz de los cambios y coyunturas en diversos contextos universitarios de orden privado, público o tradicional.

El rol clave de cada profesor al interior del aula y los atributos que despliegue para poner en marcha las reformas educativas deben ser provocados y planificados en coherencia con los proyectos educativos institucionales.

Respecto de las implicaciones políticas en inclusión educativa y prácticas en el campo de la educación y la pedagogía inclusiva en contextos universitarios diversos se evidencia que las transformaciones que suponen las reformas educativas son multifactoriales y tienen como centro el rol que juega el profesorado, las características de las personas que conforman una comunidad educativa, la claridad de los proyectos institucionales, la inversión en el capital humano y las valoraciones que los profesores otorguen a la diversidad, entre otras cuestiones, son vitales para lograr cambios significativos.

Las implementaciones de las reformas educativas dependen del entorno en el que se declaren, al mismo tiempo, las condiciones locales de cada universidad serán sustantivas al momento de llevar a cabo un nuevo marco regulatorio, la política interna y la bajada de esa política marcarán la diferencia en cómo valora un profesor la diversidad de su entorno.

Las limitaciones de este momento cuantitativo a nivel técnico metodológico justifican la necesidad de aplicar el segundo momento cualitativo para profundizar en las experiencias del profesorado, indagar en sus respuestas abiertas en busca de cómo llevan a cabo las prácticas de enseñanza y evaluación inclusiva.

## REFERENCIAS

- [1] Krichesky G. y Murillo J. (2011). Las comunidades profesionales de aprendizaje. Una estrategia de mejora para una nueva concepción de escuela. *Revista Iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación* 9(1), 73-82.
- [2] Ministerio de Educación Argentina. (2022). ¿Cómo potenciar el desarrollo de la carrera docente? Aprendizajes regionales para contribuir a la excelencia docente. Recuperado: [bit.ly/3ElyEy4](https://bit.ly/3ElyEy4)
- [3] UNESCO. (2017). A guide for ensuring inclusion and equity in education. UNESCO.
- [4] Skiliar C. (2008). ¿Incluir las diferencias? Sobre un problema mal planteado y una realidad insoportable. *Orientación y sociedad* 8, 6-12.
- [5] López M. y Larrosa J. (2020). Como pompas de jabón. Entre la gratuidad y la promoción, los dones y los méritos. En Cubas C. et al. (eds.), *Elogio del profesor*. Miño y Dávila.
- [6] Skliar C. (2014). La cuestión de las diferencias en educación: Tensiones entre inclusión y alteridad. *Revista de Investigaciones* 14(2), 150-159.
- [7] Bárcena F. et al. (2006). Pensar la educación desde la experiencia. *Revista Portuguesa de Pedagogía*.
- [8] Martínez J. (2021). El currículum debe someterse al debate p.35-41 en *Porque Paulo Freire hoy día más que nunca*. Círculos pedagógicos. Nueva Mirada.
- [9] Maldonado E. (2018). Competencias del profesorado universitario para la atención a la diversidad en la educación superior. *Revista latinoamericana de educación inclusiva* 12(2), 115-131.
- [10] Zárate R. et al. (2017). Educación superior inclusiva: un desafío para las prácticas pedagógicas. *Revista Electrónica Educare* 21(3), 1-24.
- [11] Garabal J. et al. (2018). Las actitudes como factor clave en la inclusión universitaria. *Revista Española de Discapacidad* 6 (1), 181-198.
- [12] Braslavsky C. y Cosse G. (1996) Las actuales reformas educativas en América Latina: Cuatro actores, tres lógicas, ocho tensiones. *Diálogo Interamericano*. Documento No. 5. PREAL.
- [13] Armengol C. y Castro D. (2004). Análisis de los nuevos escenarios universitarios: Reflexión previa a los procesos de Cambio Universidad Autónoma de Barcelona. *Contextos Educativo* 6(7), 137-158.
- [14] Sánchez S (2022). El profesor como agente transformador clave en la educación superior. En Serna e. (ed.), *Revolución Educativa en la Nueva Era*. Vol. I. Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- [15] Aronson P (2007). El retorno de la teoría del capital humano. *Fundamentos en Humanidades* 16, 9-26.
- [16] Marcelo C. y Vaillant D. (2018). Hacia una formación disruptiva de docentes. 10 claves para el cambio. Narcea.
- [17] Ministerio de Educación. (2019). Ley 20.845 de inclusión escolar. Congreso Nacional de Chile.
- [18] De Miguel M. et al. (2006). Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: Orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior. Universidad de Oviedo.
- [19] Ceballos F. (2009). El informe de investigación con estudio de casos. *Revista Internacional de Investigación en Educación* 1(2), 413-423.
- [20] Sabino C. (1992). El proceso de investigación. Estudio de casos. Panapo.
- [21] Yin R. (2004). *The case study anthology*. Sage.
- [22] Velandia A. (2002). Influencia de la "Cuestión Femenina" en la educación de enfermería en Colombia. *Investigación y Educación en Enfermería* XX(1), 36-52.
- [23] Caiceo J. (2011). Desarrollo de la educación parvularia en Chile. *Revista histórica de Educación*.

# Estrategias de enseñanza-aprendizaje para fortalecer competencias comunicativas en estudiantes colombianos del grado undécimo

Ana Angélica Paya Torrijos<sup>1</sup>

Francisco Javier Cartes Arenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institución Educativa Cándido Leguízamo, Colombia*

<sup>2</sup>*Universidad Arturo Prat, Chile*

Para aproximar a los estudiantes hacia una calidad educativa es importante llegar a todos los rincones de un territorio, proyectándolos hacia el pensamiento crítico y propendiendo que sea un individuo útil en la sociedad. En tal sentido, se motiva el reto de que el profesor sea gestor de estrategias pedagógicas, permitiendo la formación integral del estudiante; siendo reflexivo, innovador constante y conservando su calidad en el ser. En este estudio se plantea la hipótesis de causalidad debido a que existe una relación de efecto entre las variables, las estrategias de enseñanza-aprendizaje y el bajo rendimiento académico de los estudiantes. Cabe resaltar que las estrategias de enseñanza-aprendizaje, desarrolladas constantemente en el proceso de formación académica, van en contravía de lo planteado en la misión y la visión del Proyecto Educativo Institucional PEI de la institución donde se realiza el estudio. Por tal motivo, el desempeño y resultado académico de los estudiantes ha sido bajo. Se utilizó una metodología cuantitativa mediante encuestas para contextualizar el problema de investigación. En resumen, diseñar y fortalecer diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje, además de innovar y lograr la participación de la comunidad educativa, permite mejorar los resultados académicos y entregarle a la sociedad personas con formación integral.

---

<sup>1</sup> Magíster en Gestión e Innovación de Instituciones Educativas. Contacto: [angelikpaya@gmail.com](mailto:angelikpaya@gmail.com)

<sup>2</sup> Magíster en Ciencias. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)



## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión académica se ha evidenciado como un conjunto de acciones encaminadas hacia el desarrollo de la calidad educativa y, es en los diferentes proyectos educativos donde se debe registrar estos planteamientos, para que sea posible iniciar el proceso formativo. No obstante, existen diversas acepciones y desde todos los puntos de vista, se concuerda en la necesidad de una gestión académica eficiente para el logro de procesos de calidad en los centros educativos. Por ejemplo, en [1] se considera que:

*El profesor como gestor es aquel sujeto que reacciona y lidera de forma concreta y eficiente, es capaz de organizar, repensar su práctica pedagógica y fomentar el cambio tanto de la institución como de la sociedad mediante su gestión pedagógica.*

En el siglo XXI se evidencian profesores aplicando metodologías de la pedagogía tradicional a estudiantes de esta nueva generación. En el estudio [2] los autores centran sus análisis en los procesos básicos como planeación, organización y las estrategias más acertadas para el cumplimiento de los objetivos planeados por el centro educativo, enfatizando en la gestión académica del profesor; es ahí, la importancia de que el profesor asuma nuevamente su rol de líder, no solo en la comunidad educativa, sino en la sociedad. Además, en [3] se analizan cómo la administración del centro educativo asume la formación permanente del profesor para desarrollar una práctica pedagógica de calidad, añaden que esto constituye la concreción de una eficiente gestión académica por el profesor. Ante estos aportes, se retoma la importancia de aprender a trabajar en equipo en pro de una formación integral de los estudiantes.

Esto significa que la disposición de los planes y contenidos dentro de un currículo responde a los intereses existentes sobre el tipo de formación que se desea dar a los estudiantes relacionados con el ideal que tiene la sociedad, por lo que cada actividad debe estar estrechamente sincronizada con la misión y la visión de la institución educativa.

Por su parte, la institución educativa Cándido Leguízamo, cuenta en su Proyecto Educativo Institucional PEI, con una misión y una visión anhelante. No obstante, la realidad es otra, debido a diversos factores. Cabe resaltar que la gestión académica, además de disponer de planes de acción para alcanzar los objetivos académicos, también tiene que ver con la evaluación de los mismos resultados que dan estas actividades, como las pruebas externas e internas y todos aquellos factores relacionados con la adquisición de conocimientos, por lo que requiere de la elaboración, reconstrucción y aplicación de programas que permitan la superación y la vía hacia la calidad educativa, tanto internamente como a nivel nacional.

La institución educativa Cándido Leguízamo, está ubicada en el sur de Colombia, en el departamento Putumayo, municipio Leguízamo. Es de carácter oficial, lleva funcionando 47 años. Actualmente, cuenta con 1.200 estudiantes en las tres sedes en niveles preescolar, básica primaria, básica secundaria y Media vocacional y nocturna.

Los estudiantes del grado undécimo permanentemente han demostrado falencia en su proceso de aprendizaje en pruebas externas, presentado problemas de bajo rendimiento académico en las áreas básicas del conocimiento. Existe variedad de factores que inciden en este problema. A saber, vulnerabilidad, fisiológicos, pedagógicos, sociales, psicológicos, entre otros. En esta ocasión se enfatizará en el factor pedagógico. Cómo se ha llevado a cabo los diferentes métodos y estrategias de enseñanza aprendizaje en los estudiantes; cómo se ha aplicado en el transcurso de los años académicos y porqué ha persistido las falencias. Como consecuencias a estas falencias, se propone que los profesores retomen la vocación como plan innovador en las estrategias pedagógicas. De esta manera, la institución educativa iniciará el proceso de mejorar el rendimiento escolar y los estudiantes fortalecerán sus destrezas básicas de interacción con la sociedad.

Ahora bien, es importante determinar cómo accionar las estrategias pedagógicas de enseñanza aprendizaje y para minimizar el bajo rendimiento académico en estudiantes de undécimo de la Institución Educativa Cándido Leguízamo. Según [4], para que el profesor desarrolle y explote la gran cantidad de recursos que existen actualmente aplicables a las estrategias pedagógicas, es necesario que participen de manera activa en las actividades de aprendizaje, con lo cual se lograrían adaptar y personalizar las prácticas.

En primera instancia, el profesor puede diseñar estrategias pedagógicas de enseñanza aprendizaje que promuevan la investigación, la ciencia y la tecnología. Además, fortalecer los proyectos transversales que involucren los contenidos académicos con el entorno social. Asimismo, optimizar el trabajo en equipo, contextualizando la educación, con el fortalecimiento de la identidad ancestral del municipio, ya que posee diversidad étnica y pluriculturalidad. Finalmente, entre diversas actividades se gestione y lleve a cabo con los estudiantes, en el transcurso de la interacción académica; más se puede motivar al estudiante para que se integre en el proceso de formación significativa en su proyecto de vida.

El objetivo de este estudio es determinar las opiniones que estudiantes y profesores tienen sobre el uso e implementación de estrategias de enseñanza-aprendizaje para fortalecer las competencias comunicativas. Además de describir la propuesta de cinco estrategias de enseñanza-aprendizaje.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

Las estrategias de enseñanza aprendizaje en el sector educativo, es un tema de interés, para minimizar las falencias persistentes reflejadas en el bajo desempeño académico de los estudiantes; situación que, especialmente en época de pandemia, ha permitido evidenciar la incapacidad de análisis y comprensión de diferentes guías; diseñadas para ser desarrolladas de manera autónoma en casa; según lo planteó el Ministerio de Educación, mediante la Circular No. 21 de 2020, en la *que orienta el desarrollo de procesos de planeación pedagógica y trabajo académico en casa*. Además, ha ocasionado un alto porcentaje de deserción escolar. Ahora bien, es necesario profundizar sobre algunos temas de interés para mayor comprensión, es así como se explorará aspectos como: Planeación educativa, enseñanza-aprendizaje, seguimiento académico y finalmente, diseño pedagógico.

### 2.1 Planeación educativa

Etimológicamente, la palabra *planeación* tiene el significado de *acción y efecto de proyectar* y viene del francés *plant* y este del latín *planta*. Ahora bien, la palabra *educación* viene del latín *educere* que significa conducir, guiar, orientar y se define *conducir hacia fuera*. En este trabajo, se entenderá como planeación educativa, la encargada de definir los fines, los objetivos y los alcances de la educación. Por tanto, permite conocer qué hacer y los recursos y estrategias para ello. Además, quien vincula las necesidades educativas, los problemas de aprendizaje y todos los factores que irrumpen en los procesos formativos. En [5] se plantea que:

*La planeación en el contexto educativo implica las dimensiones de la alocución pedagógica en los cuales participan los actores educativos. La planeación orienta la academia y la administración de la escuela, conllevando una serie de procesos y estrategias que hacen que se desarrolle el acto educativo de manera eficiente y con calidad para la prestación de dicho servicio educativo.*

El sistema educativo requiere excelentes líderes pedagógicos con formación integral para llevar a cabo estos planes estratégicos que se evidencian en una educación con calidad.

#### 2.1.1 Educación y contexto

A través de la historia, la educación ha sido un proceso humano y cultural complejo; se requiere realizar un análisis amplio contextualizando siempre la ubicación geográfica, su población desde al ámbito cultural y proyección hacia la globalización mundial. Así como se expresa en [6], donde habla de un humanismo actual diciendo, *la ley o la norma tiene que ser concebida no más como si hubiera sido recibida de una trascendencia exterior a la persona humana o a la subjetividad, sino como auto-instituida*. Desde la planeación educativa, es posible racionalizar e involucrar el conocimiento de cada uno de los elementos que integran el sistema educativo; esto permitirá garantizar las actividades, apoyándose en los fines políticos y administrativos de la educación como derecho y acto educativo en el contexto social.

El gran propósito, es diseñar un ambiente de aprendizaje donde la construcción de la convivencia sana y de las relaciones interpersonales sea un eje central para promover el aprendizaje comprensivo, tanto en el logro de los aprendizajes de los estudiantes como la formación integral para aprender a convivir con otros

y valorarlos, siendo agentes proactivos de la sociedad donde habite. Como proactivo, se entiende a ese ser que además de tener iniciativa, asume el reto de que las cosas sucedan; tiene la capacidad de decidir en cada momento qué y cómo se va a realizar algo. En [7] se indica que ese tipo de comportamiento es la creencia de las personas en su potencial para mejorarse a sí mismas.

### 2.1.2 Educación y nuevas tecnologías

La nueva generación, requiere que el profesor esté a la vanguardia de la digitalización. De acuerdo con [8]:  
*No solo por su visión sobre la sociedad red, que actúa como estructura interactiva para la transmisión de la información y del conocimiento, sino también por su discurso académico articulado por la comunicación y los flujos informativos.*

El efecto de la digitalización en la institución educativa debe ser de carácter práctico, ya que es una herramienta innovadora, donde se pueda acceder a los equipos tecnológicos sin temor a explorar y crear acciones innovadoras que coadyuven al aprendizaje.

### 2.1.3 Enseñanza-aprendizaje

El proceso de enseñanza-aprendizaje, incluye lo educativo. La aplicación de los valores en el ser humano permite que esta faceta sea óptima y su finalidad sea la formación multilateral de su personalidad.

El sistema educativo en tiempos de pandemia ha tenido que transformarse de forma urgente e imprevista a una modalidad virtual; esta situación actual representa un punto de partida para generar acuerdos y un marco pedagógico-educativo de referencia para construir nuevos funcionamientos. Hoy se atraviesa por un proceso de enseñanza-aprendizaje de manera diferente, que se va construyendo a medida que se va implementando. Es necesario tomar esta crisis como oportunidad, que nos permita poner en juego nuevas pautas que hagan posible la construcción de una sociedad más justa e inclusiva, en la que todos puedan acceder a una educación de calidad y en concordancia con las necesidades de un mundo globalizado.

La enseñanza, es la acción que permite a los estudiantes lograr el desarrollo de las competencias y adquisición de conocimientos que les permitirá interactuar de forma proactiva en la sociedad. Por lo tanto, es menester brindar importancia al dominio estratégico en el aula. En [9] se afirma que *la enseñanza y el aprendizaje no pueden ocurrir en una clase con manejo deficiente del aula.*

La intervención oportuna del gestor e innovador educativo para direccionar la institución hacia el logro de calidad educativa debe ser previamente planeada. Así como se expresó en [10], donde plantea que:

*La gestión de aula implica todas aquellas acciones que permiten crear y mantener un ambiente de aprendizaje donde se articulan instrucciones que potencian la construcción y organización de un ambiente físico del aula, estableciendo reglas y procedimientos que posibilitan la atención de los estudiantes.*

## 2.2 Seguimiento académico

Estrategia que permite identificar las fortalezas y debilidades que se evidencian en los procesos académicos. Para ello requiere diversas fuentes informativas que proporcionen datos para tomar decisiones que permitan diseñar un plan para mejorar la calidad educativa en los estudiantes y en la institución [11].

### 2.2.1 Recursos del seguimiento académico

Existe una diversa gama de recursos para evidenciar el seguimiento académico:

- *La evaluación del plan de estudios:* el cual permite identificar los temas, valorar si se cumplen o no los objetivos y metas, si se forma al estudiante como se ha propuesto.
- *La autoevaluación institucional:* proceso que permite conocer las fortalezas debilidades y desafíos para construir planes de mejoramientos con la identificación de los problemas que sean más prioritarios para abordarlos a corto, mediano y largo plazo.

- *Las Pruebas Saber*: recursos que evalúan el desempeño de los estudiantes en relación con las competencias básicas de aprendizaje y se aplica en los diferentes niveles de educación, en esta ocasión se enfatizará en la Media Vocacional. Son quizás uno de los momentos más decisivos en la carrera académica de los jóvenes que desean seguir estudiando, en las universidades privadas o públicas. En el país, estas pruebas son de carácter obligatorio para el ingreso a la educación superior, pues todas las universidades exigen como requisito de admisión que el aspirante a cursar una carrera en su institución haya presentado el examen, más allá del puntaje obtenido.

El propósito principal de esta prueba es contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación colombiana, mediante la realización de evaluaciones censales periódicas en las que se valoran las competencias básicas de los estudiantes y se analizan los factores que inciden en sus logros. Los resultados de estas evaluaciones permiten que los establecimientos educativos, las secretarías, el Ministerio de Educación Nacional y la sociedad en general conozcan cuáles son las fortalezas y debilidades y, a partir de las mismas, puedan definir planes de mejoramiento en sus respectivos ámbitos de actuación. Su carácter periódico posibilita, además, valorar cuáles han sido los avances en un determinado lapso y establecer el impacto de programas y acciones específicas de mejoramiento.

- *Características de los estudiantes*: es importante reconocer las falencias que tienen en cada materia y corroborar cuáles les impiden acceder al conocimiento y que alcancen las metas propuestas, esto lleva a identificar los aspectos que obstaculizan el logro para crear estrategias educativas adecuadas.
- *El índice sintético de calidad educativa ISCE*: permite evaluar el proceso educativo de las instituciones educativas, con el fin de desarrollar planes y acciones para mejorar y alcanzar la excelencia a nivel interno y externo. Tiene 4 componentes, el progreso, tiene que ver en cómo ha mejorado la I.E. respecto al año anterior o anteriores en los resultados de las pruebas Saber, resultado de personas que han sido promovidas, alcances de objetivos. El desempeño, tiene que ver con los resultados de las pruebas saber, resultados que muestra la i tanto a nivel interno como en relación con la localidad y nacional. La eficiencia, cuántos estudiantes aprueban el año escolar y cuántos quedan repitiendo el año y el ambiente escolar, que responde a la pregunta de cómo está el ambiente en cada una de las aulas de clase.
- *Los resultados de los estudiantes*: nivel interno de la institución, en los diferentes periodos académicos, para replantear las acciones de cada asignatura y crear otras adecuadas.

La institución educativa Cándido Leguízamo se apoya en la siguiente escala valorativa, la cual se ve reflejada en su sistema institucional de evaluación de estudiantes [12]: Escala de valoración institucional y equivalencia con la escala nacional. Se define por escala de evaluación escolar como:

*La sucesión ordenada de símbolos numéricos, gráficos o léxicos que sirve para expresar el resultado de evaluaciones o de distintas medidas de conducta escolar: rendimiento, asistencia, comportamiento individual, actitud hacia el aprendizaje, orden, limpieza, etc. [12].*

En la institución se entiende como escala de valoración la que permite observar los niveles de competencia curricular en los estudiantes, en este sentido hace referencia al dominio de los desempeños, contenidos, procesos de pensamiento y actitudes en una determinada asignatura. Esta escala posee una equivalencia con la escala nacional la cual se expresa en los siguientes términos:

- *Desempeño Superior*: Cumplimiento en un nivel excepcional de las metas básicas y adicionales de formación expresadas en el plan de estudios en términos de logros. El estudiante que se encuentra en este nivel es capaz de reflexionar sobre lo que lee de manera crítica, utilizar su propio marco de conceptos y relacionar diversos textos; solucionar problemas complejos con estrategias de solución múltiples, combinando distintos dominios, contrastar predicciones, proponer conclusiones, discriminar y ponderar diferentes variables a partir de procesos de los sistemas biológicos, físicos y químicos.
- *Desempeño Alto*: Cumplimiento de las metas básicas de formación expresadas en el plan de estudios en un nivel superior al nivel medio de logro. El estudiante que se encuentra en este nivel es capaz de hacer deducciones y supuestos, leer entre líneas y complementar vacíos del texto, resolver problemas complejos cuya solución requiere de más de un paso, reordenar datos del enunciado, inferir datos y combinar distintos dominios: aritmética, geometría; realizar contrastaciones, clasificaciones, inferencias y relaciones lógicas a partir de interacciones y cambios que se presentan en los seres vivos y la materia.

- *Desempeño Básico:* Cumplimiento de las metas básicas de formación expresadas en el plan de estudios en un nivel medio o aceptable. El estudiante que se encuentra en este nivel es capaz de expresar lo leído en otras palabras, realizar selección y síntesis de la información, hacer una lectura superficial; solucionar problemas hipotéticos simples, cuya solución requiere del reordenamiento de la información dada en el enunciado; discriminar, caracterizar y comparar eventos, fenómenos o procesos a partir de características biológicas, físicas, sociales, estructurales, etc.
- *Desempeño Bajo:* Incumplimiento de las metas. El estudiante en este nivel realiza una comprensión literal de los textos, solo entiende lo que está escrito y retiene de manera parcial la información, puede llegar a resolver algunos problemas cotidianos, pero usando una sola variable, en el enunciado está la información y exigen solo una operación para su solución; reconoce el mundo que le rodea, pero le cuesta realizar descripciones, agrupamientos, establecer relaciones directas y secuenciaciones a partir de características observables.

## 2.3 Diseño pedagógico

El diseño pedagógico es el punto central de la planeación, basada en el modelo pedagógico de una institución educativa por lo que deben existir objetivos y contenidos ligados a este. Además, el diseño pedagógico debe tener en cuenta las necesidades educativas, propiciar la innovación, entre otros aspectos. Permite favorecer los procesos de autogestión del aprendizaje, por eso debe tener en cuenta las necesidades educativas que existen en la Institución, para propiciar la innovación, el aprendizaje adecuado, entre otros.

El diseño pedagógico debe motivar a aprender, permite el éxito, plantea el qué, cómo y cuándo se hará el acto educativo, favorece el aprendizaje, contiene distintas estrategias, toma en cuenta las necesidades educativas que tengan los estudiantes (fortalezas, debilidades) para generar procesos pertinentes que posibiliten el aprendizaje idóneo en los estudiantes, está ligado a los documentos educativos normativos y tiene un marco de los desarrollos de aprendizaje, esto significa que intensifica la formación de los estudiantes y facilita el aprendizaje. En [13] se habla del diseño pedagógico, con componentes como: situación descrita, modelo de enseñanza, contenidos a considerar, soporte tecnológico disponible.

### 2.3.1 Estrategias pedagógicas

Son todas aquellas acciones que los profesores desarrollan para garantizar un adecuado aprendizaje y proceso formativo integral en los estudiantes. Es considerado como un eje articulador de las actividades curriculares que a la vez posibilita la re-significación del quehacer docente. Algunas estrategias que se debe tener en cuenta pueden fortalecer el diseño pedagógico son:

- *Las actitudes:* son las predisposiciones estables de pensar, sentir y actuar de una manera determinada. [14] las define como *predisposiciones a valorar positiva o negativamente objetos, personas o conductas*. Por lo que se deja entrever que podemos hablar de actitudes negativas (pereza, rigidez mental) y actitudes positivas (curiosidad, flexibilidad mental). Las actitudes se adquieren a través de la experiencia en contextos determinados. Por este motivo hay que tener en cuenta tres factores: la importancia, el conocimiento y la accesibilidad [15].
- *El pensamiento crítico:* es un proceso por el cual una persona reflexiona sobre diferentes aspectos, situaciones o experiencias de la vida cotidiana para resolver un problema, emitir una postura y orientar las respuestas de los propios comportamientos [14]. En [16] se señala que para desarrollar el pensamiento crítico es necesario desarrollar las habilidades de Interpretación, Análisis, Evaluación, Inferencia, Explicación y Autorregulación.
- *Las estrategias para aprender a pensar:* el término de estrategia de aprendizaje es complejo ya que en muchas ocasiones se utiliza el término como sinónimo de otros, como, por ejemplo, técnica, procedimiento, habilidad. [17] utiliza el siguiente concepto sobre estrategia de aprendizaje:  
*Proceso de toma de decisiones consciente e intencional, que consiste en seleccionar los conocimientos declarativos, procedimentales y actitudinales necesarios para conseguir un determinado objetivo, siempre de acuerdo con las condiciones de la situación educativa en que se produce la acción.*

### 2.3.2 Aspectos de la práctica pedagógica

Para llevar a cabo un eficaz proceso de enseñanza–aprendizaje se requiere *agregar cita*:

- *Didáctica*: permite encontrar las acciones más adecuadas para lo que desea hacer en una situación determinada respecto a los contenidos a los objetivos que se pretende alcanzar y lo que se desea desarrollar en los estudiantes [18].
- *Reconocimiento de las características de los estudiantes*: qué son los estudiantes, cómo aprenden mejor, qué falencias tienen, qué se les dificulta más para crear acciones adecuadas y sencillas [19].
- *Herramientas y estrategias*: permiten que los estudiantes accedan al conocimiento y que la práctica pedagógica sea completamente oportuna, como las TICs, que permite realizar distintas actividades de forma innovadora y potencian otras habilidades de los estudiantes [20].
- *Articulación de modelos pedagógicos*: si bien una institución educativa, está ligada por un modelo determinado es necesario que los profesores reconozcan qué aspectos de los modelos pedagógicos existentes, son necesarios para traerlos a sus prácticas pedagógicas de acuerdo con un contexto o a una situación. Es decir, que tiene que vincular un modelo pedagógico de acuerdo con el contenido que esté llevando [21].
- *Innovación*: es necesario que los profesores con sus prácticas no utilicen una única manera de enseñar con unas herramientas determinadas y unas actividades ya dispuestas, sino que creen distintas acciones, distintas formas de llevar al estudiante al conocimiento de manera práctica y llamativa, como las TIC, recursos audiovisuales, otros escenarios que les permita dinamizar el aprendizaje [22].
- *Acciones que garanticen el aprendizaje*: es importante que verifique que si lo que lleva a cabo el profesor es adecuado para lo que desea alcanzar con sus estudiantes [23].
- *Práctica objetiva y reflexionada*: la práctica pedagógica permite a los profesores reflexionar y valorar sus propios procesos, si las formas en las que lleva a cabo el acto educativo son acordes para el tipo de estudiantes que tiene, en el contexto, entre otros aspectos, lo que permite que él genere otras acciones dependiendo de lo que necesite los estudiantes o la situación determinada [24].
- *Evaluación y replanteamiento*: tanto su propio proceso como profesor y como el de los estudiantes, para generar acciones, actividades y prácticas que permita las prácticas y la conexión con el saber [25].

En suma, se pretende acompañar al estudiante en el proceso de direccionarlo hacia el estudio del pensamiento. La capacidad de pensar y razonar son características únicas del ser humano, para poder entender cómo aprendemos y así adaptar las metodologías en el aula para los estudiantes. El pensamiento es primordial para la vida ya que gracias a él podemos procesar, comprender y comunicar el conocimiento. La gestión académica de la institución educativa será el abanico de proyecciones, mediante el cual se pretende plantear soluciones estratégicas en todos los niveles académicos que se oferta.

A través de la práctica docente se logra evidenciar que desde las diferentes áreas académicas se puede crear estrategias que permita mejorar el rendimiento académico. Por ejemplo, desde el área de Lengua Castellana, el fortalecimiento de las habilidades comunicativas mediante el tejido de estrategias didácticas y fortalecimiento de la comprensión a través del contexto; permite un aprendizaje agradable y significativo para los estudiantes. Todas estas relaciones intertextuales influyen en los procesos de recepción lectora, y deberían formar parte de una educación literaria orientada a fortalecer el *intertexto lector* [26], de los estudiantes.

La necesidad de la comunicación asertiva y crítica es imprescindible en la sociedad actual. Por ello, fortalecer las habilidades comunicativas (hablar, escuchar, leer y escribir), mediante los géneros literarios (narrativo, lírico y dramático), permite proyectar a los estudiantes a la adquisición de dominio en su aprendizaje académico, y su aprendizaje integral se reflejará en la vida cotidiana, permitiendo que interactúe en su entorno como ser social, valorando y comprendiendo cada contexto. Junto con la germinación humana, va creciendo la necesidad de la comunicación. Por ello, la importancia de fortalecer las habilidades comunicativas es fundamental para proyectar a los estudiantes al fortalecimiento de la base del

conocimiento, además del desarrollo evolutivo del hombre y así evitar agresiones personales que es el reflejo diario de la sociedad. En [27] se plantea:

*Todo aquel que domine el lenguaje natural, puede en virtud de su competencia comunicativa comprender en principios y hacer comprensible a otros de interpretar cualquier expresión, con tal que tenga sentido.*

Debido a frecuentes falencias del estudiante en el momento de realizar una exposición, donde refleja pánico escénico y suelen ser mecánicos en el desarrollo de las clases; puesto que se limitan a memorizar cuestionarios asignados y demuestran dificultad en el desarrollo de comprensión lectora y esto se evidenciaba en los resultados del desarrollo las pruebas externas. Se pretende contribuir y proyectar a los estudiantes a superar la meta en el índice sintético de calidad, que ha fijado el gobierno para 2025.

El tejido estratégico de actividades didácticas, lo conforma: El Centro Literario, El Noti-Literario, El Sobre la Palabra y Viviendo nuestra ancestralidad. Cabe resaltar que se pretende fortalecer el valor de la responsabilidad, mediante la aplicación de las habilidades comunicativas, por ello se tiene en cuenta el dominio del tema y del público, vocalización adecuada, entonación de las palabras, coherencia textual oral y escrita, comprensión e interpretación textual, entre otros aspectos.

Se trata de espacios en los que las actividades literarias mediada ofrece interesantes posibilidades para el desarrollo de la competencia lingüística, [28] y literaria [29], la diversidad lingüística y cultural de estos estudiantes, así como la complejidad de los procesos personales, ha llevado a preguntarse acerca del corpus de lectura más adecuado para las aulas de acogida [30], y a señalar sus funciones educativas, tanto lingüísticas como de construcción de la propia identidad [31]. Las actividades para desarrollar son una gama de acciones que perfilan al estudiante en la adquisición de carácter para un desenvolvimiento general en la sociedad.

No obstante, esta formulación de objetivos comunes para la educación literaria en los grados undécimo también debe ser postulado como política institucional en todos los niveles educativos, para que se evite una repercusión desigual en el currículo escolar.

*Así como lo muestra el análisis exhaustivo y contrastado de los currículos de enseñanza de la literatura en educación primaria pertenecientes al ámbito anglosajón, francófono e hispánico [32].*

### **3. MÉTODO**

El enfoque de la metodología es de naturaleza cuantitativa [33] dado que el instrumento utilizado para el trabajo de investigación fue la encuesta o el cuestionario con preguntas cerradas. El software estadístico que se utilizó fue SPSS versión 25.

#### **3.1 Participantes**

La muestra fue elegida a conveniencia y dado que la participación en la aplicación del cuestionario fue voluntaria se conformó con 14 profesores con una edad media de 44 años, 50 estudiantes con una edad media de 17 años y 5 personas que forman parte del equipo directivo con edad media de 55 años.

#### **3.2 Instrumento**

Como instrumentos de recolección de la información, se aplicó encuestas o cuestionarios sobre el uso de estrategias pedagógicas antes de la propuesta pedagógica, que incluyeron 6 preguntas básicas sobre estrategias pedagógicas, que día a día se debe evidenciar, y son aplicadas por los profesores, recepcionadas por los estudiantes y evaluadas por los directivos. Se planteó porque, según la teoría todo el acompañamiento pedagógico estratégico está marchando como debería ser. No obstante, los resultados cualitativos y cuantitativos de la evaluación integral de los estudiantes, sigue estando en un nivel bajo, respecto a sus resultados académicos y la capacidad de interacción social. Las respuestas de estas encuestas se encuentran en formato escala de Likert con las opciones Todos los días, Casi todos los días, Ocasionalmente, Casi nunca y Nunca.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se exponen los resultados de las encuestas a los profesores y estudiantes, además de presentar y describir las cinco estrategias de enseñanza-aprendizaje que se proponen para desarrollar la competencia comunicativa.

### 4.1 Análisis descriptivo

En la Tabla 1 se muestran los resultados de las opiniones de los estudiantes con respecto al uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje, de donde se observa que el mayor porcentaje de estudiantes declaró que la frecuencia en que se aplican habilidades comunicativas tales como hablar, escuchar, leer y escribir (60%) y que un profesor innovador debe tener una mente impermeable y estar dispuesto al cambio (64%) es *todos los días*. Por otro lado, el 38% de los estudiantes afirmó que la frecuencia en que sus profesores, hacen uso de los proyectos transversales, actividades de investigación e innovación, y aprendizajes basados en problemas; para motivar la educación significativa en su formación como ser proactivo para la sociedad es *casi todos los días*. Finalmente, la frecuencia en que se utilizan metodologías participativas en las clases (50%), el recurso tecnológico requiere un planteamiento en las estrategias educativas y pedagógicas para estar a la vanguardia educativa (42%) y sus profesores desarrollan estrategias de enseñanzas distintas a las tradicionales (38%) es *ocasionalmente*.

**Tabla 1.** Resultados de las opiniones de los estudiantes

Preguntas	Todos los días	Casi todos los días	Ocasionalmente	Casi nunca	Nunca
<b>P1.</b> En las clases, se utiliza metodología participativa, basadas en la interacción, profesor/estudiante, estudiante/profesor, donde se lleve a cabo trabajo grupal, contextualizando el contenido, con la vida cotidiana.	20%	26%	50%	4%	0%
<b>P2.</b> Considera, que actualmente, el recurso tecnológico, requiere un planteamiento en las estrategias educativas y pedagógicas para estar a la vanguardia educativa nacional.	16%	32%	42%	4%	0%
<b>P3.</b> Aplica las habilidades comunicativas (hablar, escuchar, leer y escribir), para mejorar el proceso de comprensión para la búsqueda de conocimiento y aplicación de estos saberes, en su formación de un ser integral.	60%	28%	8%	4%	0%
<b>P4.</b> Con qué frecuencia, sus profesores desarrollan estrategias de enseñanzas, distintas a las tradicionales, que favorezca su aprendizaje y rendimiento académico.	30%	22%	38%	6%	4%
<b>P5.</b> Sus profesores, hacen uso de los proyectos transversales, actividades de investigación e innovación, y aprendizajes basados en problemas; para motivar la educación significativa en su formación como ser proactivo para la sociedad.	22%	38%	28%	10%	2%
<b>P6.</b> Considera que actualmente, un profesor innovador debe tener una mente permeable, estar dispuesto al cambio, ser propositivo e interactuar constantemente con entes gubernamentales y no gubernamentales.	64%	18%	18%	0%	0%

En la Tabla 2 se exhiben los resultados de las opiniones de los profesores con respecto al uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje, de donde se observa que el mayor porcentaje de los profesores indicó que la frecuencia en que utilizan metodologías participativas en su aula (57,1%), el recurso tecnológico requiere un planteamiento en las estrategias educativas y pedagógicas para estar a la vanguardia educativa (57,1%), utilizan las habilidades comunicativas tales como hablar, escuchar, leer y escribir (78,6%), y consideran que actualmente un profesor innovador debe tener una mente permeable y estar dispuesto al cambio (100%) es *todos los días*. Con respecto a la frecuencia en que los profesores declararon desarrollar estrategias de enseñanzas distintas a las tradicionales es *casi todos los días* (35,7%) y *ocasionalmente* (35,7%). Finalmente,



el 42,9% de los profesores señaló que *ocasionalmente* hace uso de proyectos transversales, actividades de investigación e innovación, y aprendizajes basados en problemas; para motivar la educación significativa en la formación de un ser proactivo para la sociedad.

**Tabla 2.** Resultados de las opiniones de los profesores

Preguntas	Todos los días	Casi todos los días	Ocasionalmente	Casi nunca	Nunca
<b>P1.</b> Como profesor, utiliza metodologías participativas en su aula basadas en la interacción, profesor/estudiante, estudiante/profesor; donde se permite llevar a cabo trabajo grupal, contextualizando el contenido con la vida cotidiana.	57,1%	42,9%	0%	0%	0%
<b>P2.</b> En su opinión, actualmente el recurso tecnológico, requiere un planteamiento en las estrategias educativas y pedagógicas para estar a la vanguardia educativa nacional.	57,1%	21,4%	21,4%	0%	0%
<b>P3.</b> Desde su área, utiliza las habilidades comunicativas (hablar, escuchar, leer y escribir), para mejorar el proceso de comprensión para la búsqueda de conocimiento y aplicación de estos saberes, en la formación de un ser integral.	78,6%	14,3%	7,1%	0%	0%
<b>P4.</b> Con qué frecuencia, usted desarrolla estrategias de enseñanzas distintas a las tradicionales, que favorezca el aprendizaje de los estudiantes y las comparte con sus colegas.	21,4%	35,7%	35,7%	7,1%	0%
<b>P5.</b> Como actividades pedagógicas, hace uso de los proyectos transversales, actividades de investigación e innovación, y aprendizajes basados en problemas; para motivar la educación significativa en la formación de un ser proactivo para la sociedad.	28,6%	28,6%	42,9%	0%	0%
<b>P6.</b> Considera que actualmente, un profesor innovador debe tener una mente permeable, estar dispuesto al cambio, ser propositivo e interactuar constantemente con entes gubernamentales y no gubernamentales.	100%	0%	0%	0%	0%

En la Tabla 3 se presentan los resultados de las opiniones del cuerpo directivo con respecto a las estrategias de enseñanza-aprendizaje, el 100% señaló que la frecuencia de todas las actividades es *ocasionalmente*.

**Tabla 3.** Resultados de las opiniones de los profesores

Preguntas	Todos los días	Casi todos los días	Ocasionalmente	Casi nunca	Nunca
<b>P1.</b> Los profesores solicitan recursos para desarrollar en sus clases, metodología participativa, basadas en la interacción, profesor/estudiante, estudiante/profesor, donde se lleve a cabo trabajo grupal, contextualizando el contenido con la vida cotidiana.	0%	0%	100%	0%	0%
<b>P2.</b> Se gestiona y facilita el recurso tecnológico a los profesores, para la realización de planteamientos estratégicos educativos y pedagógicos para que los estudiantes estén a la vanguardia educativa nacional.	0%	0%	100%	0%	0%
<b>P3.</b> Considera que las habilidades comunicativas (Hablar, Escuchar, Leer y Escribir), se están aplicando constantemente en clase, para mejorar el proceso de comprensión e interpretación textual y aplicación de estos saberes en la formación del estudiante como un ser integral en la sociedad.	0%	0%	100%	0%	0%
<b>P4.</b> Con qué frecuencia los profesores desarrollan estrategias de enseñanzas distintas a las tradicionales, que favorezca el aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes.	0%	0%	100%	0%	0%

<b>P5.</b> Los profesores, hacen uso de los proyectos transversales, actividades de investigación e innovación, y aprendizajes basados en problemas; para motivar la educación significativa en la formación del estudiante como ser proactivo para la sociedad.	0%	0%	100%	0%	0%
<b>P6.</b> Considera que actualmente, un profesor innovador debe tener una mente permeable, estar dispuesto al cambio, ser propositivo e interactuar constantemente con entes gubernamentales y no gubernamentales.	0%	0%	100%	0%	0%

## 4.2 Estrategias de enseñanza-aprendizaje propuestas

### 4.2.1 Centro Literario

Es una actividad para evaluar el conocimiento adquirido de los temas de la asignatura desarrollados periódicamente, mediante la expresión lúdica de los géneros literarios. Consiste en ambientar el salón con elementos propios de los temas desarrollados, realizando carteleras, rincones o espacios estilo feria de libro, atuendos propios de las épocas literarias desarrolladas; el género narrativo, se expone mediante monólogos de escritores, narración de cuentos, entre otros; el género lírico, permite el conocimiento literario mediante canciones, poemas, coplas, entre otras y el género dramático, permite la dramatización de aspectos propios de los temas vistos. Para la evaluación de la actividad, se invita a un público determinado tales como compañeros de otros grados, profesores y algunos apoderados o padres de familia, quienes exaltan sus presentaciones y expresan sus felicitaciones o aspectos por mejorar según los criterios establecidos.

Los estudiantes plantearon que esa actividad se realizara a nivel institucional y fue así como se propuso, en consejo académico, realizar el último día de cada periodo académico, un día Cultural, Recreativo y Deportivo; motivando a los otros grados de la institución a participar en dichas actividades; esta propuesta fue aprobada y se convirtió en política de la institución. Durante todo el año fue liderado por el profesor de Lengua Castellana y el profesor de Educación Física y Artística; como dio resultado y se evidenciaba avances en el desarrollo de las habilidades comunicativas, la actividad siguió su curso y todos los profesores se integraron en el proceso del desarrollo de la actividad cultural y deportiva y desde el momento de planeación anual se asignan responsables de la organización.

### 4.2.2 El Noti-literario

Esta actividad se propuso con la finalidad de impulsar el desarrollo del espíritu investigador en los estudiantes, profundizando la temática periódica desarrollada y establecida en cada grado; semanalmente se asignan secciones propias tales como evento, lectura, chiste, escritor, libro recomendado, poema, canción, historieta y mensaje, pasatiempo, trabalenguas. Se ha asignado una cartelera donde se organiza la información; el primer día de clase en la semana, los estudiantes socializan la información que investigaron y registraron en media hoja blanca donde lleva el nombre de la sección, el título de la noticia y una imagen como valor agregado; se tiene en cuenta que se realice a mano, se evalúa la coherencia textual además de la caligrafía y la ortografía como también su capacidad de socializar lo consultado o investigado. A medida que avanza el semestre se les exige a los estudiantes una mejor presentación de su actividad. El propósito de cada sección es:

- *Evento:* buscar información institucional, municipal o nacional sobre actividades literarias que se desarrollen en el transcurso de la semana.
- *Lectura:* permite fortalecer la lectura ante el público. Además, han surgido propuestas de itinerarios que vinculan obras del canon literario, de la literatura infantil y juvenil y de productos audiovisuales [26], mediante una lectura contrastada para reconocer los ecos intertextuales que las conectan.
- *Chiste:* jocosamente, con los chistes gramaticales aprenden la importancia del buen uso de signos ortográficos.

- *Escritor*: Se elige uno de los libros del Proyecto Integrado de Lectura, Escritura y Oralidad PILEO y se da a conocer la biografía del autor.
- *Libro*: la idea es motivar a los estudiantes y que se contagien del gusto por la lectura teniendo en cuenta que es un hábito que ayuda al desarrollo intelectual. Como se plantea en [34], *que analiza las múltiples variantes que adopta la hipertextualidad en el sistema literario para niños y jóvenes: ya sea en un relato, un álbum, una novela gráfica o un texto en pantalla, los textos ofrecen un sinnúmero de reelaboraciones, nexos y transformaciones entre unos y otros.*
- *Poema*: fomentar el valor del género lírico al memorizarlo y declamarlo, haciendo énfasis sobre un aula de secundaria en la cual se lee y se escribe poesía con un propósito comunicativo determinado (la elaboración de una antología y la posterior realización de un café literario con las familias), y se establecen ciertas formas de diálogo entre esos textos poéticos y la lectura colectiva de una obra narrativa.
- *Canción*: activar el sentido crítico mediante la comprensión e interpretación de su letra.
- *Historieta*: promover la lectura e interpretación crítica de las imágenes además del diseño de sus propias caricaturas o comics.
- *Mensaje*: generalmente se socializa un mensaje célebre, que motive el uso de las habilidades comunicativas.
- *Palabra Indígena*: Se promueve el conocimiento de la identidad ancestral indígena.

#### 4.2.3 Sobre La Palabra

El sobre la palabra, fue el nombre que se le dio a esta actividad en común acuerdo con los estudiantes, donde se propuso diseñar creativamente un sobre para cada salón de clase, en él se almacena una palabra técnica que hace parte del glosario de los temas a desarrollar, que un estudiante socializa en cada clase semanalmente, con el objetivo de ir agregando esta palabra a su vocabulario cotidiano. Se debe presentar la actividad en una memo-ficha, donde en uno de sus lados se escribirá estéticamente la palabra y se decorará con imágenes alusivas a ella, por el otro lado se registra su etimología, concepto, mínimo 3 sinónimos y un ejemplo donde aplique dicha palabra.

Se asigna 5 minutos al estudiante para que realice la socialización y de manera recursiva se desenvuelva con su exposición y demuestre dominio del tema y del grupo. Además de incrementar el léxico se propuso para una mejor comprensión textual, pues muchas de las palabras han resultado de los textos de comprensión lectora, y al desconocer su significado ha implicado la no comprensión e interpretación del texto. Terminada la exposición se procede a la evaluación del uso del tiempo, exposición y la presentación de la memo-ficha, en ésta se tiene en cuenta caligrafía, ortografía, creatividad, estética y la coherencia textual escrita; para ello se realiza una autoevaluación, una coevaluación y una heteroevaluación, luego se promedia las calificaciones asignadas y resulta la nota.

#### 4.2.4 Viviendo nuestra ancestralidad

La pérdida de identidad ancestral se ha incrementado. Por ello, es imperativo poder realizar encuentros donde la población leguizameña se integre y fortalezca la cultura de los diferentes pueblos indígenas en todos sus contextos. En el presente año, se proyectó a la comunidad leguizameña dichas estrategias didácticas, realizando las actividades en la casa Lúdica y ante estudiantes de otras instituciones.

#### 4.2.5 Proyectando Ando

La creación de semilleros de investigación permite el fortalecimiento de estudiantes innovadores, creativos, propositivos en pro de su contexto educativo y social. Además, permite ejercitar los proyectos transversales y dar solución a problemas cotidianos. El propósito del desarrollo de estrategias didácticas es que día a día se forme un tejido en pro de la formación integral y obtenga avances significativos en su rendimiento académico. Es agradable escuchar de parte de los estudiantes, quienes son los protagonistas de estas

actividades, cómo han ido evolucionando en pro de su formación académica e integral a nivel social. Estas han sido algunas de sus expresiones: *Empezamos a desarrollar las expresiones verbales, buscamos información y descubrimos grandes escritores, el aprendizaje es significativo, las actividades son divertidas y dinámicas, hemos avanzado en la presentación de exposiciones y sustentaciones, nos activa el valor de la responsabilidad, nos proyecta al futuro universitario, evitamos el pánico escénico, hemos aprendido a interactuar.*

El tejido de conexiones entre las diferentes áreas académicas es otro valor agregado debido a que aporta al fortalecimiento de las habilidades comunicativas, además de establecer en los estudiantes relaciones con los demás, consigo mismo, con todos sus contextos y especialmente desempeñarse como ser social, ese ser con capacidad de resolver problemas cotidianos y especialmente de ser promotor de alternativas de solución de conflictos y cómo no aprovechar la importancia del fortalecimiento en la comprensión lectora, que por su naturaleza transversal en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las diferentes áreas académicas incide en un aprendizaje significativo.

## 5. CONCLUSIONES

La gestión e innovación de instituciones educativas, motiva el movimiento adecuado del espacio en la escuela. Esto tiene que ver con todas aquellas estrategias creadas para fomentar la cultura de distintas habilidades dentro de la institución educativa, como lo es la cultura del trabajo, la colaboración, o trabajo en equipo, la delegación de actividades, entre otros aspectos que permiten que se direccionen todas las fuerzas para conseguir un mismo objetivo institucional bajo el liderazgo del directivo o conjunto de directivos.

Teniendo en cuenta que el uso de diversas estrategias de enseñanza - aprendizaje, permite que el estudiante dirija su proyecto de vida, ahonde su interés por el aprendizaje y se convierta en un ser proactivo en la sociedad; es pertinente abrir espacios pedagógicos para compartir las estrategias innovadoras que promuevan la adquisición de mejores resultados académicos en pro de acercar la institución educativa hacia la calidad de educación.

En efecto, la capacidad de comprender lo que significa la gestión directiva permite que se cultive dentro de la institución diferentes habilidades y competencias para resolver, mediante el trabajo mancomunado, las adversidades y situaciones problemas que se presentan en una escuela, siendo entonces responsabilidad de un trabajo en equipo y no únicamente del directivo. Por consiguiente, todo lo anterior significa que los gestores e innovadores de instituciones educativas, deben direccionar su función en la búsqueda de apoyo en todos los integrantes de su comunidad educativa y de esa manera poder cumplir con la misión y la visión propuesta.

Se logró dentro de las singularizaciones de las competencias emprendedoras de los estudiantes de grado once de la institución Educativa Cándido Leguízamo, identificar, que les gusta participar activamente en clase, y se sienten con libertad de expresión dentro de la institución educativa, esta característica es importante pues la intención es despertar la participación en el contexto social donde habita. Asimismo, para el fortalecimiento de esta faceta, se encuentran estudiantes que promueven ideas críticas frente a problemáticas sociales, estudiantes creativos, proactivos, cuyas habilidades individuales, aún no han sido explotadas dentro de la institución académica, para el logro de un grado de competitividad que le permita enfrentarse en diferentes campos de la vida laboral de la sociedad actual.

Con respecto al análisis de las fortalezas y debilidades de las competencias en innovación y aplicación de estrategias pedagógicas la institución educativa Cándido Leguízamo, se pudieron encontrar más fortalezas que debilidades, en los estudiantes, los cuales demostraron que las bases adquiridas fueron débiles desde el inicio de su formación académica.

No obstante, reconocen la falta de compromiso en su quehacer de aprendizaje y que sería importante que desde las diferentes áreas académicas, les proyecte su aplicabilidad y necesidad a la realidad que se puede acoplar perfectamente con su vida cotidiana, para lo cual se recomienda tratar de unificar con ejemplos de

la vida real, lo aprendido en clase, bien sea con salidas de campo, invitados especiales, u otras estrategias , que promuevan el interés por el aprendizaje, no en el último año académico, sino, desde el grado cero o transición, de su Institución Educativa, Cándido Leguízamo.

Por lo tanto, es importante fortalecer metodologías participativas en las aulas, basadas en la interacción, profesor/estudiante, estudiante/profesor; donde se permite llevar a cabo trabajo grupal, contextualizando el contenido con la vida cotidiana. De igual forma, la gestión de recurso tecnológicos y la disponibilidad de éstos, para el aprovechamiento de estrategias educativas y pedagógicas que conlleven al direccionamiento de una calidad educativa.

Además, la incorporación constante de habilidades comunicativas (Hablar, Escuchar, Leer y Escribir), para mejorar el proceso de comprensión en la búsqueda de conocimiento y aplicación de saberes, en la formación del ser integral en cada uno de los estudiantes. Al mismo tiempo, la interacción, entre colegas, de estrategias de enseñanzas, que favorezca el aprendizaje de los estudiantes y permitan contrarrestar el bajo rendimiento académico en la Institución Educativa.

Igualmente, el uso permanente de los proyectos transversales, actividades de investigación e innovación, y aprendizajes basados en problemas; para motivar la educación significativa en la formación del estudiante, como ser proactivo para la sociedad. Finalmente, fortalecer una comunidad educativa con espíritu innovador, mente permeable, dispuesta al cambio, siendo propositivos e interactuando constantemente con entes gubernamentales y no gubernamentales para llevar a cabo los fines de una educación con calidad.

A futuro, se puede extender las diversas experiencias a través de formas de redes de apoyo a toda la comunidad educativa, Cándido Leguízamo y multiplicarlas a nivel regional, para que puedan empezar procesos similares en pro de una calidad educativa. Adicionalmente, se puede crear grupos académicos municipales, donde el interés sea colectivo, en pro de la sociedad colombiana.

## REFERENCIAS

- [1] Cassassus J. (2000). Problemas de la gestión educativa en América Latina: La tensión entre los paradigmas de tipo a y tipo b. Congreso Nacional Redue. Investigación Educativa e Información. Santiago de Chile.
- [2] Aguas C. et al. (2013). Procesos de planeación y organización en la institución educativa técnica industrial Antonio Prieto. Jornada matinal de la ciudad de Sincelejo en 2011-029. Revista Pensamiento Gerencial 1, 59-61.
- [3] Rosselló M. y Medina C. (2014). La formación en competencias básicas: un reto para la administración. Revista de curriculum y formación del profesorado 18(2), 245-265.
- [4] Hood N. y Littlejohn A. (2017). Knowledge typologies for professional learning: Educators'(re) generation of knowledge when learning open educational practice. Educational Tech. Research and Devel. 65(6), 1583-1604.
- [5] Díaz C. et al. (2020). Planificación educativa como herramienta fundamental para una educación con calidad. Utopía y praxis latinoamericana 25(3), 87-95.
- [6] Renaut A. (2009). Un humanisme de la diversité. Essai sur la décolonisation des identités. Flammarion.
- [7] Schwarzer R. (2008). Modeling health behavior change: How to predict and modify the adoption and maintenance of health behaviors. Applied psychology 57(1), 1-29.
- [8] Alcalá M. (2017). La galaxia internet: Reflexiones sobre internet, empresa y sociedad de Manuel Castells. Revista mexicana de ciencias políticas y sociales 62(231), 407-412.
- [9] Hattie J. (2009). Visible teaching-visible learning: A synthesis of 800 meta-analyses on achievement. Omega.
- [10] Brophy J. (2006). Observational research on generic aspects of classroom teaching. Handbook of educational psychology 34, 755-780.
- [11] García C. et al. (2019). Caracterización del seguimiento de egresados universitarios. Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina 7(1), 23-38.
- [12] Consejo académico. (2019). Sistema institucional de evaluación de los estudiantes. Instituto Cristo Rey. Itagüí.
- [13] Ehuletche A. y Santángelo H. (2000). El diseño de propuestas pedagógicas en la enseñanza no presencial con soporte de nuevas tecnologías y redes de comunicación. Revista de Medios y Educación 15, 29-54.
- [14] López M. (2006). Pensamiento crítico y creatividad en el aula. Editorial Trillas.
- [15] Boninger D. et al. (1995). The causes and consequences of attitude importance. Attitude strength: Antecedents and consequences 4(7), 159-189.
- [16] Facione P. (2007). Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante? Insight assessment 22, 23-56.
- [17] Monereo C. et al. (2001). La enseñanza de estrategias de aprendizaje en el contexto escolar. Psicología de la educación escolar 2, 235-258.
- [18] Diaz C. et al. (2020). Planificación educativa como herramienta fundamental para una educación con calidad. Utopía y praxis latinoamericana 25(3), 87-95.
- [19] Lacasa P. (1994). Aprender en la escuela, aprender en la calle. Visor.
- [20] Alonso L. y Blázquez F. (2016). El docente de educación virtual. Guía básica: Incluye orientaciones y ejemplos del uso educativo de Moodle. Narcea Ediciones.
- [21] Hoyos B. (2018). Acompañamiento pedagógico: Estrategia para la práctica reflexiva en los profesores de tercer grado de básica primaria. Trabajo de grado. Universidad de la Costa.
- [22] Bernabeu N. y Goldstein A. (2016). Creatividad y aprendizaje: El juego como herramienta pedagógica. Narcea.
- [23] Guzmán J. (2018). Las buenas prácticas de enseñanza de los profesores de educación superior. Revista iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación 16(2), 133-149.
- [24] Cortés V. (2013). Práctica pedagógica y gestión de aula, aspectos fundamentales en el quehacer docente. Revista Unimar 31, 99-113.
- [25] Ordóñez C. (2006). Pensar pedagógicamente, de nuevo, desde el constructivismo. Revista Ciencias de la Salud 4, 14-23.
- [26] Mendoza A. (2012). Leer hipertextos de papel: sobre el lector y sus hiperínculos cognitivos. Editorial Octaedro.
- [27] Habermas J. (1988). ¿Cómo es posible la legitimidad por vía legalidad? Alfa.
- [28] Ventayol M. (2010). La lectura compartida d'un album sense text en un aula d'acollida. Bellaterra Journal of Teaching and Learning Language and Literatura 3, 98-114.
- [29] Fittipaldi M. (2009). El rol de los saberes previous, la mediación y el intercambio en la lectura de un album. Bellaterra Journal of Teaching and Learning and Literature 1, 49-66.
- [30] Valios V. (2010). La lectura de textos literarios en el aula de español: construcción de identidades. Lenguaje y Textos 32, 113-120.
- [31] Margallo A. (2009). Lectura, escritura y aprendizaje literario en los proyectos de trabajo. Lectura y Vida. Revista Latinoamericana de Lectura 30, 44-55.
- [32] Munita F. y Margallo A. (2019). La didáctica de la literatura. Configuración de la disciplina y tendencias de investigación en el ámbito hispanohablante. Perfiles educativos 41, 154-170.
- [33] Creswell J. (2013). Educational research: planning, conducting, and evaluating. Pearson.
- [34] Mendoza A. (2001). El intertexto lector: El espacio de encuentro de las aportaciones del texto con las del lector. Universidad de Castilla La Mancha.

# Transformando la educación superior a través de la gamificación: Nuevas miradas y oportunidades

Mauricio Perdomo Vargas<sup>1</sup>

*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia*

En este capítulo se presenta el resultado de una investigación cuyo objetivo es identificar las nuevas miradas y oportunidades que ofrece la gamificación como eje de transformación didáctica de la educación superior. Para llevar a cabo el estudio se utilizó una metodología cualitativa-documental basada en el enfoque heurístico-hermenéutico, con un enfoque descriptivo-transeccional. Se realizó una revisión sistemática de la literatura a partir de la cual surgieron categorías de análisis que guiaron el proceso de interpretación. Como resultado de este análisis se identificaron dos aspectos clave en relación con las oportunidades que ofrece la gamificación a la educación superior. El primero de ellos se basa en la importancia del uso de actividades gamificadas como herramienta motivacional para impulsar a los estudiantes hacia el éxito y la excelencia académica. El segundo aspecto se centra en la necesidad de implementar estrategias de gamificación como respuesta a las demandas de construcción de la nueva sociedad del conocimiento.

---

<sup>1</sup> Ingeniero de Sistemas, Magíster en Profundización en educación con énfasis en educación virtual y Doctor en tecnología educativa.  
Contacto: [mauricio.perdomo.v@uniminuto.edu](mailto:mauricio.perdomo.v@uniminuto.edu)

## 1. INTRODUCCIÓN

A fin de apoyar los procesos pedagógicos formales, dentro de las nuevas tendencias y enfoques de la educación en sus diversos niveles y modalidades, en las últimas décadas han surgido de la experiencia de profesores y estudiantes, una variedad de estrategias que en general, contribuyen con la enseñanza, el aprendizaje y además han impactado favorablemente el desempeño del estudiante, puesto que dichas estrategias han traspasado las barreras del tradicionalismo para convertirse en metodologías activas e innovadoras que promueven la creatividad, participación y dinamismo dentro de las aulas. A esta realidad se suma la importancia que han tomado las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC, como recursos didácticos para hacer de la enseñanza un asunto más flexible, ameno y novedoso.

El uso de las TIC no ha logrado que los estudiantes se comprometan del todo con su aprendizaje, *por lo que es imprescindible recurrir a nuevas metodologías que cambien la visión de la clase tradicional a una centrada en el estudiante, donde éste pueda ser capaz de gestionar su propio conocimiento y desarrollar nuevas destrezas* [16]. En otras palabras, es necesario que sumado al uso de dichas tecnologías los profesores diseñen e implementen estrategias que le permitan al estudiante comprender más claramente los contenidos, mejorar su desempeño, ser autónomo en su aprendizaje y fortalecer sus competencias, con la finalidad de alcanzar las capacidades necesarias para afrontar problemas concretos de la realidad, resolverlos e insertarse satisfactoriamente en el campo laboral, pues dichas estrategias también forman parte importante dentro del contexto de la Educación Superior.

A tal efecto, desde la mirada pedagógica se incorpora la gamificación como una metodología didáctica [7] que deviene de procesos de enseñanza y aprendizaje que se vinculan con el *game-based learning* GBL o aprendizaje basado en juegos, como un recurso enriquecedor de las acciones formativas. Desde una aproximación conceptual, tiene su origen en el vocablo inglés *gaming*, donde el estudiante tiene la oportunidad de aprender jugando y aprender haciendo, además de interactuar con sus compañeros desde el respeto y la tolerancia. Adicionalmente, con el desarrollo de este tipo de actividades puede potenciar sus habilidades comunicativas, creativas, de investigación y experimentación, aunado al fortalecimiento de actitudes en un ámbito vivencial, colaborativo, reflexivo y crítico. Así, desde la postura de Sierra y Fernández [30], con el tiempo la gamificación se ha situado de manera rápida en los escenarios educativos, ya que ha introducido en el ámbito de la didáctica elementos lúdicos innovadores que motivan y estimulan la participación del estudiante en las actividades de clase.

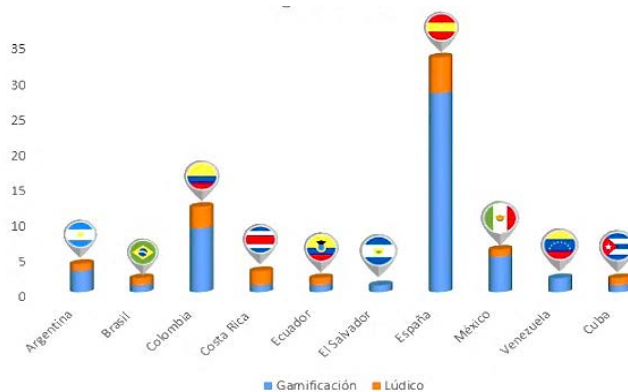
Siguiendo esta línea discursiva, a la luz del posicionamiento de la era tecnológica, el uso del internet y las redes sociales, se puede afirmar que en la actualidad los procesos de gamificación derivan [17] de los juegos con soporte digital, es decir, aquellas actividades lúdicas que se potencian a través del uso de las TIC, razón por la cual promueven la motivación de los usuarios, la interacción, la cooperación, el aprendizaje, incluso en una perspectiva tangencial [25]. *El realizar una actividad pedagógica gamificada no implica crear un juego con un sesgo pedagógico, solo es necesario comprender el uso de las mecánicas y las dinámicas presentes en los juegos digitales, impregnando las prácticas pedagógicas de dichos elementos*, pues de esta manera se favorece el desarrollo de competencias vinculadas con el saber hacer, pero que impactan en el aprendizaje y en la construcción del conocimiento.

Esta afirmación sustenta la perspectiva [16] que la gamificación toma mayor auge en 2011, debido a que en ese año *comenzaron a publicarse las primeras contribuciones relacionadas con la temática y comenzó a popularizarse el término proveniente del inglés Gamification* y, aunque inicialmente surge para el sector corporativo, con la finalidad de impulsar las ventas, distinguir las marcas, mejorar la productividad y el rendimiento en las organizaciones, en el ámbito educativo con el incremento en el uso de las TIC, ha traído beneficios tanto para profesores, como para estudiantes. De hecho, se establece, [16] que en los países de habla hispana es donde más se ha puesto en práctica esta estrategia dentro de la docencia universitaria, tal como se observa en la Figura 1.

Lo visualizado en el gráfico anterior, es un indicativo de como las Instituciones de Educación Superior a nivel de Hispanoamérica, especialmente en España y Colombia, seguido por México, Argentina y Costa Rica, entre otros, han dado un valor importante a la gamificación como metodología para la enseñanza, con el objeto



de mejorar el desempeño académico de los estudiantes, puesto que se presenta como una forma divertida de abordar contenidos durante la clase, mediante el uso de mecanismos y dinámicas lúdicas, cuya función primordial es elevar el factor motivacional de los estudiantes, por consiguiente, es necesario que el profesor universitario asuma el reto de adoptar estas nuevas estrategias para que los estudiantes puedan asociar los diversos contenidos de la especialidad, con el quehacer cotidiano, se sientan comprometidos con su aprendizaje y este motivados hacia el estudio.



**Figura 1.** Países que abordan el fenómeno de lo lúdico y la gamificación [16]

Al respecto, es importante destacar que la tendencia descrita por los autores anteriores, debió repuntar en los últimos dos años como consecuencia del confinamiento producido por la pandemia por Covid-19, ya que fue una situación que obligo a los profesores a salir de su zona de confort y a tomar el uso de las TIC como herramienta fundamental para la enseñanza desde casa [32]. En dicho contexto de pandemia los profesores tuvieron que trascender la enseñanza tradicional a una enseñanza virtual, donde la adaptación al cambio y el compromiso por enseñar despejaron los miedos, inseguridades e inexperiencias para hacer uso de las herramientas digitales y las redes sociales como recursos para las clases, siendo la gamificación un recurso importante que debe ser empleado para despertar la motivación y conectarse con el lenguaje y la visión del mundo de los estudiantes de esta generación. Con base en lo anterior, se puede afirmar que [33] *Las herramientas digitales y la gamificación son aliadas en este contexto de educación virtual a distancia originado por el Covid-19*, pues se pueden aprovechar de las ventajas que ofrece el acceso a los dispositivos celulares y al internet, como una herramienta y un medio tecnológico que potencia la incorporación de los juegos para enseñar y crear nuevos conocimientos a distancia.

La integración de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje ha favorecido el renacimiento del juego como un recurso enriquecedor de las acciones formativas, puesto que la gamificación en sus inicios hace referencia a los juegos de simulación como una manera de hacer las clases con sus contenidos más interesantes y significativas, incluyendo la relación profesor-estudiantes [8]. Aunque, se debe dejar claro [34], que no se trata solo de instituir juegos, sino de estructurar nuevos contextos para desarrollar un proceso pedagógico que involucre un ambiente lúdico, pero que también estimule la creación de nuevos conceptos e ideas, ayude a la construcción del conocimiento, mezclando y aplicando metodologías de aprendizaje, en palabras textuales de la autora *el punto de la gamificación es motivar a los estudiantes a través de diferentes técnicas que hacen que ellos aprendan de una forma divertida, interesante y diferente.*

Ahora bien, la conceptualización de este término es una de las más extensas, debido a la cantidad de artículos que manejan esta temática a nivel educativo, pero ¿Cuál es la definición que soporta la gamificación como una estrategia didáctica que potencia el aprendizaje? En primer lugar, sería importante referir [13] que en este ámbito *implica partir del currículo y realizar una propuesta didáctica utilizando el funcionamiento y la mecánica del juego, y así aprovechar sus ventajas como elemento motivador, social e interactivo*, es decir, en el contexto educacional la gamificación es utilizada para trabajar los contenidos propios de una disciplina a través de actividades lúdicas que hacen de la experiencia de aprender algo más ameno, divertido y participativo.

De tal manera que para la educación superior la gamificación incentiva la implementación de actividades vinculadas al juego, a través de las cuales se adquiere conocimiento, de forma divertida, teniendo la intención

de que el alumnado de hoy se enfoque de una forma más dinámica dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje [2], dicho de otra manera, es una estrategia centrada en el estudiante que favorece su participación activa en el aprendizaje, por tanto, esta metodología puede generar un cambio sustancial en su comportamiento, fomentar el trabajo en equipo, monitorear desempeños, desarrollar habilidades comunicacionales y destrezas cognitivas vinculadas con la creatividad.

El objetivo de la gamificación en el terreno educativo *no es otro que llevar la motivación al proceso de enseñanza y aprendizaje, mediante la incorporación de elementos y técnicas de juego* [28], de modo que, ejecutado de forma asertiva incorpora elementos y técnicas lúdicas que benefician la relación profesor-estudiante, mejorando el clima en el aula y sumando aspectos positivos al desempeño del estudiante, ya que aprender a seguir instrucciones, comparte con sus pares, desarrolla mayor autonomía, potencian la comunicación interpersonal y se motiva hacia el logro de metas precisas.

En este orden de ideas se puede afirmar [23] que, si se sitúa la lúdica como un elemento transversal dentro del proceso didáctico, se puede mejorar, por una parte, la práctica docente y por la otra modificar las actitudes y aptitudes de los estudiantes involucrados en el juego. De modo que, como práctica innovadora en la Educación Superior, potencia las diversas dimensiones del conocimiento, es decir, conceptual, procedimental y actitudinal, pues los estudiantes optimizan su aprendizaje, elevan su rendimiento académico, adquieren determinadas competencias, aumentan su nivel de compromiso y motivación, así como su participación como elemento fundamental para la construcción de su propio conocimiento.

Sobre la base de estas premisas, dentro de la investigación surge el siguiente interrogante: ¿Qué oportunidades ofrece la gamificación como estrategia pedagógica innovadora a la Educación Superior? De allí deriva el propósito de este estudio, el cual está orientado a establecer las nuevas miradas y oportunidades de la gamificación en el contexto de la Educación Superior.

## 2. MÉTODO

Para dar respuesta al propósito de la investigación desde la dimensión metodológica se asumió el enfoque cualitativo, de tipo documental [14]. Dicho enfoque aplica cuando los datos se revisan en profundidad, pues existe mayor riqueza interpretativa; de modo que no se prueban hipótesis, sino que se generan preguntas para comprender los significados y las características del fenómeno estudiado. Además, es documental porque deviene del análisis de una variedad de fuentes documentales [12] enfatizando el proceso hacia la búsqueda, análisis e interpretación de datos obtenidos de dichas fuentes, en torno a una situación o problema previamente establecido por el investigador. Por otra parte, es importante destacar que la investigación se incluye en el nivel descriptivo transeccional, ya que tal como lo expresan los autores antes citados la finalidad es ubicar, categorizar y proporcionar una visión de un contexto, un fenómeno o una situación, para luego describirla, dentro del enfoque cualitativo.

Para tal fin se utilizó un procedimiento de revisión [22] el cual define que para garantizar la calidad de los artículos desde el ejercicio de revisión sistemática de las fuentes se debe: 1) Partir de una pregunta de investigación adecuada; 2) estructurar una revisión de forma correcta, orientada a los objetivos o fines propuestos, utilizando palabras clave en la búsqueda; 3) evaluar la calidad y el nivel de evidencia de cada artículo para su elección; 4) evaluar la calidad y el nivel de evidencia del conjunto de los artículos seleccionados; y 5) ofrecer las recomendaciones según la evidencia hallada en las fuentes consultadas.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Revisión de la literatura

Para el desarrollo de la investigación, se procedió a realizar la búsqueda bibliográfica respectiva a través de diversas bases de datos: Ebsco, Redalyc, Scielo, Latindex, Dialnet y Scholar Google, de las cuales inicialmente se escogieron un aproximado de 94 artículos científicos indexados, en idioma español, con fechas de publicación entre 2015 y 2022, y arbitrados para revistas tipo A y B, después de revisar esta selección inicial, tomando como referencia el propósito de la investigación se extrajeron un total de 73 fuentes documentales

que fueron revisadas detalladamente para establecer de forma metódica las categorías que dan sustento al estudio y responden al propósito de la investigación (Tabla 1).

**Tabla 1.** Trabajos seleccionados para el análisis

▪ Acosta J. et al. (2020). Gamificación en el ámbito educativo: Un análisis bibliométrico
▪ Aguiar M. et al. (2018). Propuesta de herramientas para la gamificación en el aula universitaria.
▪ Alarcón M. et al. (2021). Intervención educativa basada en la gamificación: Experiencia en el contexto universitario.
▪ Alonso A. (2017). Gamificación en el aula.
▪ Alonso S. et al. (2021). Gamificación en Educación Superior. Revisión de experiencias realizadas en España en los últimos años.
▪ Ardila J. (2019). Supuestos teóricos para la gamificación de la educación superior.
▪ Berenguer C. (2016). Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom.
▪ Borges R. (2019). Docencia 2.0: La gamificación como aliada para afianzar conceptos y principios del proceso penal.
▪ Briceño C. (2022). La gamificación educativa como estrategia para la enseñanza de lenguas extranjeras.
▪ Calvo E. (2021). Gamificación en tiempos de pandemia.
▪ Campos M. et al. (2017). El potencial de la gamificación como estrategia de atención al alumnado con TDAH.
▪ Carrión E. (2019). La Gamificación en el aula: aprendizaje lúdico como experiencia educativa innovadora en el contexto de la Educación Superior.
▪ Castillo M. et al. (2022). La Gamificación como herramienta metodológica en la enseñanza.
▪ Cobos A. et al. (2021). La gamificación a través de plataformas E-learning: Análisis cuantitativo de una pedagogía emergente implantada mediante de las TIC.
▪ Contreras R. y Eguia J. (2016). Gamificación en aulas universitarias. Universitat Autònoma de Barcelona.
▪ Cuevas N. et al. (2021). Percepción del alumnado sobre la gamificación en la educación superior.
▪ De Sousa D. et al. (2021). Gamificación, "no tengo ni idea de lo que es": Un estudio en la Formación Inicial del Profesorado de Educación Física.
▪ Díaz J. y Troyano Y. (2013). El potencial de la gamificación aplicado al ámbito educativo.
▪ Flores D. et al. (2021). La gamificación en el desarrollo de la alfabetización informacional desde la perspectiva de los estudiantes universitarios.
▪ Fruttero M. et al. (2021). Percepciones de estudiantes de grado sobre el uso de la gamificación para fomentar el aprendizaje de una segunda lengua y estimular su motivación.
▪ García S. (2018). La gamificación en la enseñanza-aprendizaje del inglés como lengua extranjera.
▪ Gioconda M. (2022). Educación emprendedora y gamificación como estrategia de aprendizaje.
▪ González M. et al. (2022). La gamificación como estrategia metodológica en la Universidad. El caso de BugaMAP: Percepciones y valoraciones de los estudiantes
▪ Holguín F. et al. (2020). Gamificación en la enseñanza de las matemáticas: Una revisión sistemática
▪ Artal J. y Romero E. (2018). La gamificación en el aula universitaria: herramientas y recursos tecnológicos. Una experiencia en ingeniería.
▪ Lázaro J. et al. (2021). Gamificación superficial en e-learning: evidencias sobre motivación y autorregulación
▪ Legeren B. (2013). La Gamificación, una moda o una estrategia de futuro.
▪ Lluch L. et al. (2021). Otro tipo de gamificación es posible: ¿Cómo integrar la gamificación en el aprendizaje cooperativo y la atención a la diversidad?
▪ López M. (2017). Aprender jugando: la gamificación aplicada al ámbito educativo.
▪ Lozada C. y Betancur S. (2018). La gamificación en la educación superior: una revisión sistemática.
▪ Magadán M. y Rivas J. (2022). Percepciones de los estudiantes de posgrado ante la gamificación del aula con Quizizz.
▪ Márquez N. (2020). El poder de la gamificación.
▪ Martín L. et al. (2021). ¿Jugamos o gamificamos? Evaluación de una experiencia formativa sobre gamificación para la mejora de las competencias digitales del profesorado universitario.
▪ Martín C. y Batlle J. (2021). La gamificación en juego: Percepción de los estudiantes sobre un escape room educativo en el aula de español como lengua extranjera.
▪ Martínez D. y Toscano A. (2021). La gamificación para la formación del profesional en ciencias de la información mediante las Tecnologías de la Información y la Comunicación.
▪ Villacorta M. (2022). Gamificación en contabilidad. Experiencia desde el punto de vista del docente.
▪ Molina R. et al. (2018). Guía para la gamificación de actividades de aprendizaje.
▪ Morales M. y Pineida, C. (2020). La gamificación como estrategia didáctica en el aprendizaje de vocabulario del idioma inglés.
▪ Moreno V. (2017). La gamificación en la enseñanza de los trastornos del lenguaje: Cluedo como recurso educativo.
▪ Moyano B. (2019). La gamificación en la educación superior. Aspectos a considerar para una buena aplicación.
▪ Navarro C. y Pérez I. (2021). Una app móvil potencia la motivación del alumnado en una experiencia gamificación universitaria.
▪ Oliva H. (2017). La gamificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario.
▪ Oyola C. (2019). Estrategia de gamificación para la enseñanza de las Normas Internacionales de Información Financiera a los estudiantes de Contaduría de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.
▪ Parra A. (2021). Codiseño, codesarrollo, implementación y evaluación de una propuesta educativa de gamificación basada en un <i>escape room</i> .
▪ Pegalajar M. (2021). Implicaciones de la gamificación en Educación Superior: una revisión sistemática sobre la percepción del estudiante.
▪ Pérez I. et al. (2019). Mejora de hábitos de vida saludables en estudiantes universitarios mediante una propuesta de gamificación.

- Pintado M. et al. (2019). La gamificación como experiencia motivadora en talleres de química ambiental.
- Prada R. et al. (2020). Gamificación y evaluación formativa en la asignatura de matemática a través de herramienta web 2.0.
- Prieto J. (2022). Revisión sistemática sobre la evaluación de propuestas de gamificación en siete disciplinas educativas. *Teoría de la Educación*.
- Prieto J. (2020). Una revisión sistemática sobre gamificación, motivación y aprendizaje en universitarios.
- Prieto J. (2022). Revisión sistemática sobre la evaluación de propuestas de gamificación en siete disciplinas educativas.
- Prieto J. et al. (2022). Gamificación, motivación y rendimiento en educación: Una revisión sistemática.
- Redó A. y Lara O. (2017). Gamificación en el entorno educativo.
- Reyes W. (2020). Gamificación en la educación a distancia: experiencias en un modelo educativo universitario.
- Reyes Y. et al. (2020). Estudio de los principales beneficios del uso de la Gamificación en las plataformas educativas.
- Reyes W. (2021). Gamificación y aprendizaje colaborativo en línea: Un análisis de estrategias en una universidad mexicana.
- Rodríguez K. et al. (2018). Gamificación en el aula: una revisión en Latinoamérica.
- Salguero F. et al. (2017). Gamificación y competitividad en el sistema de evaluación para impulsar la motivación del alumnado mediante el uso de TIC.
- San Pedro V. et al. (2018). Itinerarios gamificados con realidad aumentada en la formación de profesores de educación primaria.
- Sánchez P. y Francesc J. (2015). Gamificación.
- Sánchez C. (2020). Funcionalidades de la gamificación: Classcraft y Moodle en el marco de Octalysis.
- Santamaría A. y Alcalde E. (2020). Una experiencia universitaria de gamificación en línea o en el aula presencial: ¿Es este recurso de aprendizaje posible en ambos entornos?
- Santos M. y Alcalá M. (2020). La gamificación como metodología innovadora en el marco de la educación para el desarrollo sostenible. En *La tecnología como eje del cambio metodológico*.

### 3.2 Categorías de análisis

Una vez efectuada la revisión y análisis detallado de los artículos seleccionados en la fase anterior, en un primer nivel de abstracción se obtuvieron las siguientes categorías que se señalan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Categorías de análisis. La Gamificación en la Educación Superior

Categorías	Definición
Definición de Gamificación	Entendida como el conjunto de proposiciones que le otorgan significado a la gamificación en el contexto de la educación superior
Componentes de la gamificación	Refiere el conjunto de elementos de los cuales dispone la gamificación en el ámbito educativo
Características de la gamificación	Implica el conjunto de cualidades o particularidades que distinguen a la gamificación como estrategia novedosa para la enseñanza y el aprendizaje.
La gamificación como estrategia innovadora	Se corresponde con los aspectos que colocan a la gamificación como una metodología didáctica novedosa que favorece el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje en el ámbito de la Educación Superior
Ventajas en el proceso de enseñanza -aprendizaje	Indica las oportunidades que ofrece la gamificación para ejecutar el proceso didáctico y promover el desarrollo de diversas competencias que fortalezcan el desempeño estudiantil
Limitaciones e Inconvenientes de la gamificación	Se asumen como las debilidades e impedimentos que se conjugan para limitar el uso de la gamificación como estrategia dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje

Con base en la categorización, a continuación, se presente el análisis que establece nuevas miradas y las oportunidades que ofrece la gamificación al contexto de la educación superior.

### 3.3 Definición de Gamificación

La gamificación como metodología tiene diversas acepciones según el ámbito donde se ejecute, ya que primariamente esta surge como una metodología dentro del mundo empresarial. Inicialmente la gamificación, que significa juego, fue concebida como *un proceso por el cual se aplican mecánicas y técnicas de diseño de juegos, para seducir y motivar a la audiencia en la consecución de ciertos objetivos* [27]; de modo que puede ser aplicable a diversas áreas y disciplinas del saber, pues su fin último es cautivar la atención de los participantes para realizar una tarea, incitar a la acción y alcanzar una meta específica, por eso en principio se ajustó a la rama de las ventas.

En este sentido, se puede afirmar que el concepto de gamificación es muy reciente y lo define como *la aplicación de las características de un juego en contexto y situaciones que no tienen un fin lúdico como por*

*ejemplo en el área de los negocios o la educación* [24]. Además, es importante destacar que dicho término tiene su origen en la industria digital media, de modo que se remonta a 2008, aunque fue a partir de 2010, cuando fue adoptado por la academia, considerando la relevancia progresiva que los social games le otorgaron, hasta ser parte de la cotidianidad, pues facilitan la introducción de experiencias deseables y motivaciones para mantener a los usuarios más enfocados y enganchados con determinados temas.

Sin embargo, *el concepto de gamificación fue acuñado por Nick Pelling en 2002 como un término para englobar el desarrollo de interfaces de videojuegos aplicadas a otros aparatos electrónicos* [25], aunque ambos autores coinciden que fue en 2010 que empezó a ganar popularidad como herramienta para estimular el comportamiento de sus usuarios y que luego fue extensivo a los estudiantes porque implica compromiso, autonomía y aprendizaje significativo y además ayuda a llevar la educación a un entorno que aporta motivación y reduce los estigmas del fracaso escolar, en consecuencia, ellos la definen como una herramienta poderosa de conexión entre el docente-estudiante-materia y entorno.

Dentro de esta mirada interpretativa se indica que la gamificación *consiste en la aplicación de las técnicas, mecanismos y reglas de los juegos en contextos no lúdicos* [2], partiendo de la premisa de que el uso de actividades lúdicas en la enseñanza incita dinámicas y enriquecedoras estrategias de aprendizaje, pues aumenta la motivación de los estudiantes, por ello es necesario considerar desde las instrucciones hasta las recompensas, que las definen como una experiencia inolvidable, aplicables a varias disciplinas y niveles.

Por otra parte, debido a su estructuración la gamificación se define como *una herramienta que puede ser potencialmente una ayuda muy importante en el aula* [24], esto considerando que en la actualidad se vive en un mundo signado por los videojuegos y las aplicaciones móviles, las cuales están disponibles libremente y como lo expresa el autor cualquier persona que esté en un contexto educativo, y además tenga acceso a un dispositivo móvil inteligente, podrá hacer uso de esta herramienta para potenciar la interactividad dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Dentro del ámbito pedagógico el concepto de gamificación se estructura como *una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo con el fin de conseguir mejores resultados académicos* [30], puesto que al aplicarla, los estudiantes interiorizaran las dinámicas propias del proceso que se llevará a cabo, por ello el docente deberá explotar dinámicas de participación para estimular el interés por alcanzar las metas, utilizando la recompensa o la competición, como mecanismo de motivación y despertando incluso la concentración para poder comprender los objetivos propuesto, que deben llevar inmersos contenidos, saberes y conocimientos que luego derivaran en aprendizaje.

Al respecto, se plantea que en la actualidad la gamificación *es una nueva estrategia metodológica de gran tendencia en la educación* [28], puesto que los profesores en la búsqueda de aplicaciones que añadan flexibilidad al aprendizaje en los estudiantes, han descubierto que este tipo de actividades lúdicas son bastante atractivas y representan una manera de construir un aprendizaje significativo, debido a que tiene la capacidad de involucrar a los estudiantes y de enseñar nuevos conceptos para reforzar los conocimientos previamente aprendidos.

Sobre la base de estos planteamientos, se puede afirmar que la gamificación en el contexto de la educación superior se entiende como una práctica educativa innovadora diseñada por el docente con la finalidad de potenciar el aprendizaje en un ambiente ameno, desde la motivación, la participación y el dinamismo en las clases, para la obtención de metas concretas, por ende, impacta en el comportamiento de los estudiantes, ya que los hace responsables de su aprendizaje, estimula su autonomía y favorece el desarrollo del pensamiento crítico-reflexivo, de habilidades cognitivas, y comunicativas, sumado a las destrezas relacionadas con la competitividad.

### **3.4 Componentes de la gamificación**

Sobre la base de que los componentes de la gamificación refieren el conjunto de elementos de los cuales dispone, es necesario indicar que estos pueden ser visto desde dos miradas, la primera vinculada con los

elementos que la constituyen y la segunda desde los aspectos que se deben considerar a la hora de desarrollar este tipo de actividades. En tal sentido, con respecto al primer planteamiento, se establece que los elementos de los que se compone la gamificación son [7]:

1. *Actividad*: entendida como el tipo de actividad que se quiere diseñar para alcanzar el objetivo planteado, la cual debe estar totalmente adaptada al contexto y a los estudiantes a los que esté dirigida, para así conseguir que la gamificación tenga un efecto significativo.
2. *Contexto*: es necesario considerar el escenario y el ámbito donde será desarrollada, puesto que la gamificación se ve condicionada por el entorno, esto implica tener en cuenta, el contexto organizacional, donde el docente podrá tener más o menos control y capacidad para gamificar. Y, por otro lado, el contexto temporal, para ir adaptando la aplicación de esta estrategia con el paso del tiempo.
3. *Competencias y habilidades*: teniendo en cuenta que cada persona es única, es necesario diseñar las actividades con base en las habilidades y competencias de los estudiantes.
4. *Gestión y supervisión*: para tener la gestión efectiva de la actividad es imprescindible que el docente esté capacitado para liderar dentro del aula a la hora de aplicar este tipo de estrategias. ya que, si el docente tiene un rol muy definido, puede ocasionar que los estudiantes se centren más en ese cambio que en la actividad que plantea. Adicionalmente, es necesario que exista un responsable que se encargue de supervisar la aplicación y los resultados de la misma, con el objeto de proponer las mejoras que surjan para su posterior aplicación.
5. *Mecánicas y elementos del juego*: este componente se asocia con los mecanismos y elementos del juego que se utilicen para conseguir el objetivo de la propia gamificación; a fin de motivar a los estudiantes para conseguir un proceso de enseñanza-aprendizaje donde los estudiantes se diviertan, pero además aprendan.

Con respecto al segundo planteamiento, la gamificación puede ser vista desde la actividad diseñada, y para ello se deben considerar la mecánica de desafíos y puntos, conformadas por la competición y la recompensa, utilizando componentes como: libre elección, control del tiempo y liderazgo del docente para ejecutar el juego [18]. Adicionalmente, se pueden establecer los siguientes elementos que suelen estar inmersos en procesos de gamificación [24]:

1. *Base del juego*: donde se incluye la posibilidad de jugar, de aprender, de consumir (la información del producto que se desee transmitir) y la existencia de un reto que motive al juego. Aquí también se debe considerar la instauración de las normas en el juego, la interactividad y el *feedback*.
2. *Mecánica*: Aquí se incorporan niveles del juego o insignias. Donde se obtienen recompensas y con esto se fomentan los deseos de querer superarse, al mismo tiempo que recibe información del producto.
3. *Estética*: Comprende el uso de imágenes gratificantes a la vista del jugador.
4. *Idea del juego*: Indica el objetivo que se persigue. De esta manera el jugador va recibiendo información, en ocasiones perceptibles solo por su subconsciente. Con esto se logra simular actividades de la vida real en la virtual y que con ello adquieran otras habilidades.
5. *Conexión juego-jugador*: Se busca un compromiso entre el jugador y el juego.
6. *Jugadores*: Existen diferentes perfiles de jugadores, pueden ser jóvenes o no, estudiantes o no, pero dispuestos a intervenir en el proceso de creación y que se sentirán motivados a actuar en el juego, y las que no.
7. *Motivación*: La predisposición psicológica de la persona a participar en el juego es sin duda un componente significativo para llevar a cabo la gamificación de manera exitosa

Con base en estos planteamientos se puede afirmar que los componentes de la gamificación se circunscriben tanto a las condiciones bajo las cuales se despliega la actividad, como a los elementos propios del juego y su finalidad, de tal manera que se debe considerar por una parte las características del contexto, el medio donde se desarrolla (presencial o virtual) y las cualidades del estudiante, sumado al objetivo que se desea alcanzar, para así llevar a cabo una lúdica que responda a los contenidos curriculares, donde se transfiera asertivamente las mecánicas del juego para lograr competencias que respondan realmente a los intereses del alumnado, pues de esta manera se propiciará el aprendizaje significativo, en un ambiente agradable y flexible que estimula el pensamiento crítico-reflexivo y potencia las habilidades sociales.

A tal efecto, se presentan los principales componentes de la gamificación, [24]. Los cuales se sitúan en las mecánicas utilizadas en el juego, los beneficios que ofrece, las dinámicas utilizadas, las habilidades sociales que se potencian y las herramientas tecnológicas que facilitan su aplicación, lo anterior se puede observar a continuación en la Figura 2.

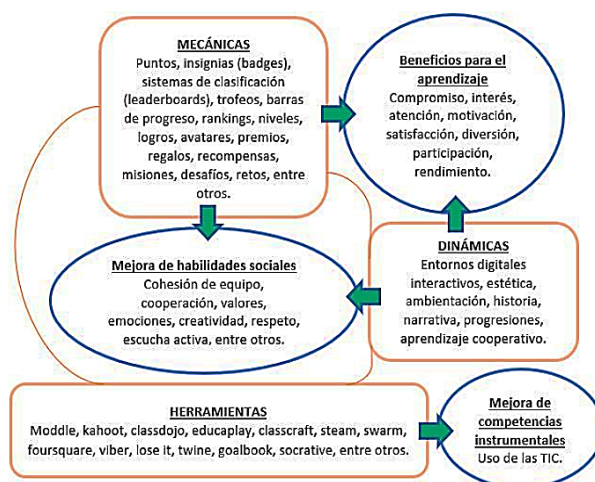


Figura 2. Elementos implicados en el proceso de gamificación [25]

### 3.5 Características de la gamificación

Según los autores consultados y derivado del análisis de diversas fuentes documentales, se puede afirmar que la gamificación posee una serie de particularidades que distinguen como una estrategia novedosa para la enseñanza y el aprendizaje. En este sentido y de acuerdo con [5, 15, 21, 23, 28, 30] se pueden enumerar las siguientes:

#### 3.5.1 Desde la mirada de la enseñanza

1. Es una técnica o metodología de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo, con el fin de mejorar los resultados académicos, puesto que busca estimular el interés del estudiante a través de la técnica de la recompensa y la dinámica de competición.
2. Mejora la praxis docente y los conocimientos de pedagogía en la Educación Superior, ya que obliga a los profesores a adentrarse en las nuevas tendencias educativas con relación al uso de las tecnologías dentro de la gamificación como estrategia novedosa, por tanto, aprovecha el uso de las TIC como herramienta para potenciar el aprendizaje e incorporar estrategias innovadoras durante la clase.
3. El uso de la gamificación, en educación superior resulta una metodología innovadora que favorece la adquisición de competencias acordes con los valores de una educación respetuosa con el entorno en la conformación de sociedades sostenibles.

#### 3.5.2 Desde la mirada del aprendizaje

1. Permite que el estudiante afiance los contenidos de una manera amena y diferente.

2. Potencia en el estudiante la autonomía, la motivación y el desarrollo del pensamiento crítico-reflexivo, ya que en la actividad expone al estudiante la simulación de situaciones reales con el fin de que se incremente el interés por las clases y se logren mayores niveles de satisfacción.
3. Mejora la adquisición de conocimientos a través de la interacción docente-estudiante.
4. Los métodos y recursos utilizados constituyen un elemento innovador que potencia la adquisición de un aprendizaje significativo y no memorístico.
5. Representa una forma interactiva de aprendizaje que se realiza a través del juego y que es utilizada para educar e incentivar la participación de activa y dinámica de los estudiantes

En síntesis, de los autores consultados indican que la gamificación se distingue por ser una técnica que transfiere la mecánica del juego al ámbito educativo, para promover el aprendizaje desde la interacción, la competitividad, el reconocimiento, con miras a lograr la transformación de comportamiento, mediante el estímulo y la motivación, como elementos que garantizan la calidad del acto didáctico.

La gamificación como estrategia innovadora

Tomando en consideración los aspectos que colocan a la gamificación como una metodología didáctica innovadora en el ámbito de la Educación Superior, es importante destacar que esto deviene de la necesidad que existe en las instituciones de aplicar nuevos cambios en el proceso docente educativo, debido a que *las clases magistrales ya no están llegando a los estudiantes de la misma forma que años atrás* [26], pues los estudiantes que actualmente se encuentran en proceso de formación son producto de un mundo completamente globalizado, donde el uso de las TIC se sitúa en la cúspide de una sociedad en la que predominan los nativos digitales.

De modo que una práctica educativa, ejecutada desde el uso de la gamificación como estrategia metodológica para la promoción del aprendizaje significativo, podría garantizar calidad e impacto en la formación para la vida profesional y personal del alumnado, ya que el juego y el aprendizaje convergen en el interés de superación y el entrenamiento que conduce al aumento de las habilidades y competencias; que favorecen el éxito y ayudan a superar dificultades, razón por la cual dicha estrategia se consolida como un elemento innovador para el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro de la educación superior [10].

Al respecto, se puede indicar que como estrategia novedosa la gamificación constituye *una propuesta metodológica en auge, siendo su mayor potencial la implicación del alumnado y la motivación que se desprende como aspecto clave para el aprendizaje significativo* [8], en consecuencia, es imperativo que el profesorado conozca y ponga en práctica estrategias dinámicas y metodologías activas que les permita alcanzar una mayor calidad y eficacia de los procesos formativos, pues como lo indican los autores el desarrollo de las competencias desde una perspectiva más lúdica y vivencial supone una redefinición del acto pedagógico para la creación de nuevos escenarios de enseñanza. Es así como Alonso et al. (2021) ratifican que la gamificación ha cobrado impulso dentro innovación educativa, ya que motiva e involucra a los estudiantes en su aprendizaje, proporcionándoles mayor autonomía al momento de construir su conocimiento.

En tal sentido, se expresa que en respuesta a la necesidad de innovar en el contexto de la educación universitaria, para romper con la cotidianidad de la clase, la gamificación se presenta como un elemento distintivo asociado con el uso de las TIC, las cuales afrontan las formas tradicionales de impartir conocimiento y se convierten en una oportunidad donde los actores del proceso interactúan y generan una dinámica grupal; que promueve la asimilación de conceptos complejos mediante la retroalimentación inmediata, razón por la cual, en palabras textuales de los autores *incorporar la gamificación como estrategia en el aula determina diferencias significativas en relación con aquellos contextos que realizan su quehacer de manera tradicional* [1].

Así mismo se puede afirmar que *la gamificación como soporte de la estrategia docente universitaria elimina la incertidumbre sobre ¿para qué aprendo? y ¿con qué aprendo? así como la monotonía del modelo*



*expositivo* [20], razón por la cual se puede afirmar que las actividades gamificadas ayudan a profesores y estudiantes a conocer objetivamente el nivel de progreso del aprendizaje individual, con base en sus propias necesidades e intereses, a objeto de tomar decisiones acertadas y asertivas para el logro de sus metas y el desarrollo de las competencias que lo insertaran posteriormente en el campo laboral.

### 3.6 Ventajas de la gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Sobre la base de los beneficios y las oportunidades que ofrece la gamificación dentro del proceso didáctico, destaca el hecho de que ésta se hace cada vez más presente en el aula, pues como estrategia combina la creatividad con la estructura del juego, mediante la mecánicas y los componentes adecuados, lo cual ayuda a incrementar el compromiso del estudiante con su aprendizaje, aumenta su interés, promueve la competitividad, desarrolla su potencial y mejora la experiencia didáctica, por tanto, según los autores *su finalidad principal es conseguir motivar al alumnado para realizar determinadas tareas, lograr los objetivos de aprendizaje y, en definitiva, finalizar el curso* [26].

En otras palabras, una de las principales oportunidades de la gamificación se expresa en 3 aspectos fundamentales: cognitivo, emocional y social, el primero vinculado con la posibilidad de construir el conocimiento y el aprendizaje, la segunda con el interés por obtenerlo en atención a la sensación de satisfacción por la meta alcanzada en los estudiantes, que a su vez se vincula con el alcance de la competencia y lo social con la interacción que se propicia entre estudiante-docente y estudiante-estudiante. De igual manera, vale destacar que la gamificación potencia la mentalidad multitarea y una alfabetización tecnológica, ya que de su aplicabilidad se obtiene la capacidad de captar distintos detalles de una o varias labores, inclusive desde lo tecnológico hasta lo socioemocional, desarrollando así las habilidades necesarias para utilizar adecuadamente las tecnologías [19].

Una de las principales ventajas que ofrece la gamificación es que promueve el desarrollo de competencias asociadas a las dimensiones del saber, la comunicación, y la pedagogía, siendo la primera la más beneficiada, pues es una metodología especialmente útil para la expresión oral y escrita, sumado a la capacidad de argumentación y al pensamiento crítico reflexivo [8], que se suma a las capacidades instrumentales que favorecen el aprendizaje significativo y el trabajo en equipo, que propicia la retroalimentación. Mientras que para la dimensión pedagógica [20] otorga la facilidad de presentar contenidos complejos en formatos atractivos que incluso suscitan la creatividad.

En otras palabras, una de las principales ventajas que proporciona la gamificación como estrategia didáctica, es que sus actividades promueven el desarrollo de una serie de habilidades sociales que permiten a los estudiantes visualizar su progreso según el concepto que se les enseña, lo cual los motiva constantemente a esforzarse por alcanzar el dominio de los saberes, mejorarlos, perfeccionarlos o fortalecerlos, motivo por el cual los estudiantes consideran a la gamificación una experiencia muy positiva para su aprendizaje, pues les permite desarrollar competencias blandas y fortalecer el trabajo en equipo, con elevados niveles de satisfacción, convirtiéndose en una herramienta docente importante en el ámbito universitario [11].

### 3.7 Limitaciones e Inconvenientes de la gamificación

Si bien es cierto que la gamificación ofrece múltiples beneficios, no dejar de ser una realidad que su aplicación en algunos casos muestra limitaciones que se asocian con las debilidades e impedimentos que se conjugan para el uso de ésta como estrategia metodológica, una de ellas, se vincula con la necesidad de transformar los materiales didácticos, para adecuarlos a las nuevas experiencias y formas expresivas de la sociedad digital [24], pues en su esencia estos recursos no fueron diseñados bajo esta perspectiva, lo cual restringe su incorporación dentro de las estrategias lúdicas.

A esta situación se suman las competencias que el docente posee para asumir el diseño de una estrategia gamificada, ya que estas falencias pueden repercutir en la efectividad de la misma, en ese sentido. La gamificación demanda *un diseño claro y organizado, en el que se planteen objetivos educativos claros y su coherencia quede plasmada y, además, este diseño esté adaptado al grupo de estudiantes al que va dirigido y atendiendo a sus necesidades y características individuales* [22]. En otras palabras, es imprescindible que

exista un equilibrio entre lo lúdico y lo formativo, de modo que no se puede quedar solo en la competencia, sino que debe trascender hacia el manejo adecuado de contenidos para que la actividad no pierda su carácter pedagógico.

Por otra parte, la gamificación no es tarea sencilla, puesto que influyen diferentes factores al momento de relacionar la motivación y los conceptos [19], para integrarlos en las actividades y que a su vez responda a unas competencias y destrezas que son indispensables en el estudiante, de tal manera que es el docente quien debe tener las habilidades cognitivas y tecnológicas necesarias para lograr esta cohesión, pero en algunos casos debido a su formación inicial, los profesores no siempre manejan la tecnología de forma adecuada, lo cual impide la coordinación entre el contenido que se debe trabajar y la actividad a realizar, lo que puede ocasionar un resultado insatisfactorio.

A esto se suma la inversión de tiempo que se debe dedicar al diseño de este tipo de actividades, a fin de alcanzar la coherencia esperada entre el contenido, la estrategia el recurso y el medio utilizado.

#### **4. CONCLUSIONES**

Sobre la base del análisis presentado anteriormente, se concluye que la Gamificación, aunque deviene del enfoque empresarial, en la actualidad se ajusta a la perfección al ámbito educativo universitario, ya que a la luz de la importancia que tiene el uso de la TIC dentro de la didáctica, ésta se ha convertido en una estrategia innovadora, porque despierta en el estudiante la motivación hacia el éxito y la excelencia, pues el dinamismo, la interacción y la participación en clases hacen del acto didáctico un proceso divertido y ameno que potencia el desarrollo de habilidades sociales y competencias vinculadas con la autonomía para el aprendizaje, donde el estudiante tendrá la oportunidad de tomar elementos positivos para su formación académica y profesional.

Por otra parte, considerando que el análisis realizado demuestra que la gamificación ofrece múltiples oportunidades para contextos de formación universitarios, estableciendo una mentalidad de actuación multitarea en los estudiantes, es imperativo reconocer la necesidad de incorporar en el nivel educativo superior, actividades gamificadas para responder la demandas actuales que requiere la construcción de la nueva sociedad del conocimiento, pues es una menara asertiva de combinar los contenidos de cada disciplina con el uso de las TIC, en un ambiente flexible y dinámico, que permite potenciar el desarrollo de una serie de competencias, dentro de las cuales destacan las capacidades digitales tanto en profesores, como en estudiantes.

Aunque el estudio refleja algunas limitaciones frente a la incorporación de la gamificación en la educación superior, el alto número de materiales revisados dentro del ejercicio de investigación, coinciden y reconocen oportunidades frente al uso de esta estrategia didáctica para afectar de forma positiva aspectos como: motivación, interés y participación de los estudiantes por los procesos formativos de este tipo.

Es importante reconocer que el uso de la gamificación requiere el alistamiento e inclusión de elementos adicionales propios del proceso de enseñanza y aprendizaje y que estos junto con los roles asociados a los mismos condicionan también desde su intervención en el proceso de formación, el éxito y el fracaso frente al uso de la gamificación como estrategia didáctica en contextos universitarios.

Finalmente, se puede concluir a partir del estudio, que la gamificación no solo refiere el uso de elementos del juego desde el enfoque didáctico y lúdico, sino; que la misma exige el desarrollo de referentes pedagógicos, didácticos e instruccionales para articular de forma correcta el uso de esta estrategia en procesos de enseñanza y aprendizaje.

#### **Limitaciones de la investigación**

- Aunque la investigación plantea miradas y oportunidades desde la gamificación, no se realiza una caracterización de las condiciones del rol docente para su correcto uso.

- Lo anterior, limita la posibilidad de determinar en qué medida un docente desde su actuar procedimental y su nivel actitudinal puede contribuir de forma positiva o negativa en el desarrollo de procesos de gamificación educativa.
- Otra variable que se deberá incluir en una investigación posterior de esta temática será la caracterización del docente gamificador, no solo desde su rol instruccional, sino que también desde su rol de enseñanza.

## REFERENCIAS

- [1] Alarcón M. et al. (2021). Intervención educativa basada en la gamificación: experiencia en el contexto universitario. *Rev. eleuthera* 22(2), 117-131.
- [2] Alonso A. (2017). Gamificación en el aula. En *EDUNOVATIC*.
- [3] Alshammari M. (2020). Evaluation of gamification in e-learning systems for elementary school students. *TEM Journal* 9(2), 806-813.
- [4] Berenguer C. (2016). Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom. En XIV Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria. Investigación, innovación y enseñanza universitaria: Enfoques pluridisciplinarios. Universitat d'Alacant.
- [5] Borges R (2019). Docencia 2.0: La gamificación como aliada para afianzar conceptos y principios del proceso penal. Omega.
- [6] Carrión E. (2019). La Gamificación en el aula: Aprendizaje lúdico como experiencia educativa innovadora en el contexto de la Educación Superior. Ortega.
- [7] Contreras R. y Eguía J. (2016). Gamificación en aulas universitarias. Universitat Autònoma de Barcelona.
- [8] Cuevas N. et al. (2021). Percepción del alumnado sobre la gamificación en la educación superior. *Reidocrea* 10(16), 1-12.
- [9] Díaz J. y Troyano Y. (2013). El potencial de la gamificación aplicado al ámbito educativo. En III Jornadas de Innovación Docente. Innovación Educativa: respuesta en tiempos de incertidumbre. Sevilla, España.
- [10] España C. (2014). Las competencias docentes para una pedagogía lúdica. Colypro.
- [11] González M. et al. (2022). La gamificación como estrategia metodológica en la Universidad. El caso de BugaMAP: Percepciones y valoraciones de los estudiantes. *Revista de Medios y Educación* 63, 293-324.
- [12] Hernández R. et al. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- [13] Hernández I. (2018). El Ministerio de Robin Hood: Una experiencia de gamificación. *Revista de didáctica de las matemáticas* 98, 153-162.
- [14] Hernández R. et al. (2018). Metodología de la investigación. Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.
- [15] Márquez N. (2020). El poder de la gamificación. *Revista Viceversa* 107, 44-49.
- [16] Martínez D. y Toscano A. (2021). La gamificación para la formación del profesional en ciencias de la información mediante las Tecnologías de la Información y la Comunicación. *Revista Conrado* 17(81), 7-16.
- [17] Mora J. et al. (2020). The «\$ in TIME» gamification project: Using a mobile app to improve cardiorespiratory fitness levels of college students. *Games for health journal* 9(1), 37-44.
- [18] Morales M. y Pineida C. (2020). La gamificación como estrategia didáctica en el aprendizaje de vocabulario del idioma inglés. Universidad Central del Ecuador.
- [19] Moyano B. et al. (2019). La gamificación en la educación superior. Aspectos a considerar para una buena aplicación. *Universitas*.
- [20] Oliva H. (2017). La gamificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario. *Realidad y Reflexión* 44, 29-47.
- [21] Oyola C (2019). Estrategia de gamificación para la enseñanza de las Normas Internacionales de Información Financiera a los estudiantes de Contaduría de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. UAB.
- [22] Pardo J. y Pardo B. (2020). Anotaciones para la estructuración de una revisión sistemática. *ORI* 11(2), 155-160.
- [23] Pegalajar M. (2021). Implicaciones de la gamificación en Educación Superior: Una revisión sistemática sobre la percepción del estudiante. *Revista de Investigación Educativa* 39(1), 169-188.
- [24] Pintado M. et al. (2019). La gamificación como experiencia motivadora en talleres de química ambiental. *Versus*.
- [25] Prieto J. (2020). Una revisión sistemática sobre gamificación, motivación y aprendizaje en universitarios. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria* 32(1), 73-99.
- [26] Redó A. y Orcos L. (2017). Gamificación en el entorno educativo. En *EDUNOVATIC* 2017.
- [27] Reyes Y. et al. (2020). Estudio de los principales beneficios del uso de la Gamificación en las plataformas educativas. *Serie científica de la universidad de las ciencias informáticas* 13(6), 158-178.
- [28] Rodríguez F. y Santiago R. (2015). Gamificación: Cómo motivar a tu alumnado y mejorar el clima en el aula. *Océano*.
- [29] Santos M. y Alcalá M. (2020). La gamificación como metodología innovadora en el marco de la educación para el desarrollo sostenible. En *INNOEDUCA*. Universidad de Málaga.
- [30] Sierra M. y Fernández M. (2019). Gamificando el aula universitaria. Análisis de una experiencia de escape room en educación superior. *REXE* 18(36), 105-115.
- [31] Usategui R. y Reinoso R. (2019). Planteamiento de gamificación en estudiantes de Máster. *Omega*.
- [32] Vélez I. (2016). La gamificación en el aprendizaje de los estudiantes universitarios. *Alfa*.
- [33] Vera J. (2020). Gaming: Una aproximación crítica desde la narrativa social contemporánea del nuevo orden mundial. *Dictamen Libre* 27, 221-245.
- [34] Villarroel R. et al. (2021). La gamificación como respuesta desafiante para motivar las clases en educación secundaria en el contexto de COVID-19. *Revista Innova Educación* 3(1).

# Predicción del rendimiento académico en estudiantes de primer semestre a través del aprendizaje automático: Un enfoque utilizando los resultados de la Batería de Aptitudes Diferenciales y Generales BADyG

Edwin Romero Cuero<sup>1</sup>  
Luis Fernando Castro Rojas<sup>2</sup>  
Esperanza Espitia Peña<sup>3</sup>  
*Universidad del Quindío, Colombia*

En este estudio se aborda la importancia del rendimiento académico en la trayectoria educativa y la formación profesional de los estudiantes. Identificar los factores influyentes en este rendimiento es importante para implementar medidas preventivas y de apoyo temprano. Para lograrlo, se propone el empleo de técnicas de aprendizaje automático en la predicción del rendimiento académico en el primer semestre, utilizando los resultados de la Batería de Aptitudes Diferenciales y Generales BADyG como variables predictores. La investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo y descriptivo de tipo transversal, obteniendo datos secundarios de la Universidad del Quindío, Colombia. Estos datos provienen de los resultados de las pruebas BADyG Superior BADyG/S, realizadas a 788 estudiantes que ingresaron a la universidad en distintos programas académicos entre 2018-1 y 2020-1.

---

<sup>1</sup> Magíster en Enseñanza de la Matemática. Contacto: [eromero@uniquindio.edu.co](mailto:eromero@uniquindio.edu.co)

<sup>2</sup> Doctor en Ingeniería. Contacto: [luferr@uniquindio.edu.co](mailto:luferr@uniquindio.edu.co)

<sup>3</sup> Magíster en Ingeniería de Sistemas. Contacto: [eespitia@uniquindio.edu.co](mailto:eespitia@uniquindio.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

El rendimiento académico es un aspecto crucial en la vida de los estudiantes, ya que puede tener un impacto significativo en su futuro académico y profesional. Por lo tanto, es importante identificar las variables que pueden influir en el rendimiento académico de los estudiantes, con el fin de tomar medidas preventivas o de apoyo temprano. En este estudio, se propone utilizar el aprendizaje automático como una herramienta para predecir el rendimiento académico de los estudiantes en su primer semestre. Se utilizarán los resultados de la Batería de Aptitudes Diferenciales y Generales BADYG como variables productoras.

El estudio [1] se enfoca en la predicción del riesgo académico en programas de computación en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Para esto, analizaron datos sociodemográficos y resultados de exámenes de admisión de 415 estudiantes entre 2016 y 2019. Variables como programa educativo, sexo y número de materias inscritas se consideraron. La metodología es cuantitativa y no experimental, basada en KDD. Emplearon la herramienta WEKA para minería de datos, usando algoritmos como CfsSubsetEval, WrapperSubsetEval con J48 y WrapperSubsetEval con NaiveBayes para selección de atributos. Evaluaron resultados con Validación Cruzada (10 iteraciones) y algoritmos como J48, RandomForest, LMT, Logistic y MultilayerPerceptron para modelado y reglas predictivas, usando el área bajo la curva ROC para medir calidad de los clasificadores. Los hallazgos resaltan la importancia de las pruebas de admisión para predecir el desempeño académico. Esto sugiere la necesidad de herramientas informáticas que detecten riesgo académico temprano y permitan estrategias de intervención educativa.

Además, otros estudios se enfocan en identificar patrones relacionados con el rendimiento académico en competencias genéricas en la Universidad Javeriana en Cali, Colombia. Para ello, utilizaron registros de la base de datos del ICFES de estudiantes que realizaron la prueba Saber Pro en 2017 y 2018.

La metodología CRISP-DM fue empleada para descubrir patrones, y el modelo de clasificación se basó en árboles de decisión, específicamente el algoritmo J48 implementado en WEKA. La validación y entrenamiento de datos se realizaron mediante validación cruzada para reducir la influencia de la partición de datos en los resultados.

La evaluación del modelo de clasificación se realizó a través de la matriz de confusión para estimar su rendimiento. Los resultados destacan que variables como el nivel educativo de la madre y el grupo etario al que pertenece el estudiante tienen una influencia significativa en su desempeño académico en las competencias genéricas. Estos hallazgos sugieren que factores socioeconómicos y demográficos pueden jugar un papel importante en el éxito estudiantil en este contexto universitario [2].

Por otro lado, se encuentran investigaciones centradas en la evaluación del rendimiento estudiantil a través de dispositivos electrónicos, abarcando a 1250 estudiantes de una universidad pública en el primer trimestre de 2022. La investigación explora el impacto de la tecnología de aprendizaje móvil en los estudiantes. En este análisis, se emplea la herramienta estadística SPSS para obtener estadísticas descriptivas que resuman las características de la muestra y las variables de rendimiento [3].

Se espera que este enfoque basado en el aprendizaje automático pueda ser utilizado como una herramienta complementaria en el proceso de selección de estudiantes, ayudando a identificar a aquellos con mayor probabilidad de éxito académico.

Por lo tanto, el uso del aprendizaje automático como herramienta para predecir el rendimiento académico de los estudiantes en su primer semestre utilizando los resultados de la BADYG parece ser una estrategia prometedora. Esto podría ayudar a las instituciones educativas a mejorar la retención estudiantil y ofrecer intervenciones tempranas para aquellos estudiantes en riesgo de bajo rendimiento.

## 2. MÉTODO

Esta investigación es de tipo cuantitativa con un enfoque descriptivo transversal. Esta investigación se llevó a cabo recolectando información a través de una fuente secundaria provista por la Universidad del Quindío.

En este caso, se suministraron los resultados de las pruebas BADyG Superior BADyG/S, aplicadas a 788 estudiantes recién ingresados a Universidad y distribuidos en un total de 20 programas académicos diferentes, durante los periodos 2018-1 a 2020-1. La muestra está constituida por la totalidad de estudiantes a quienes se les aplicó dicha prueba BADYG, la cual constituye un total de 788 estudiantes de los programas académicos de la Universidad del Quindío.

La búsqueda de los trabajos relacionados se ejecutó mediante las bases de datos de ScienceDirect, IEEEExplore, Springer, Scopus y WOS, considerando algunos criterios de selección tales como, la actualidad de los estudios, la trayectoria de los autores, la cobertura de la investigación, el tipo de investigación realizada y el contraste de los resultados.

Las variables utilizadas en la investigación para medir las aptitudes del estudiante de acuerdo a las pruebas BADYG, se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Aptitudes evaluadas por las pruebas BADYG

Característica	Significado
Rv	Analogías verbales
Rn	Series numéricas
Re	Matrices de figuras
Sv	Completar oraciones
Sn	Problemas numéricos
Se	Encajar figuras
Ma	Memoria auditiva
Mv	Memoria visual
De	Discriminar diferencias

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presentan los resultados y análisis del modelo de predicción de árbol de decisión y el modelo de bosques aleatorios.

#### 3.1 Dataset de promedio de semestre y aptitudes evaluadas por las BAYG

En la Figura 1 se muestra el Dataset de promedio de semestre y aptitudes evaluadas por las BAYG.

PROMEDIO_SEMESTRE	RV	RN	RE	SV	SN	SE	MA	MV	DE	
0	4.3	50.000000	26.666667	53.333333	36.666667	6.666667	36.666667	50.000000	43.333333	63.333333
1	3.9	30.000000	40.000000	36.666667	43.333333	6.666667	23.333333	40.000000	36.666667	60.000000
2	1.2	30.000000	13.333333	26.666667	30.000000	26.666667	6.666667	0.000000	23.333333	40.000000
3	4.0	33.333333	43.333333	33.333333	33.333333	26.666667	16.666667	33.333333	23.333333	40.000000
4	3.9	56.666667	53.333333	60.000000	53.333333	26.666667	33.333333	60.000000	76.666667	53.333333
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
783	3.4	26.666667	26.666667	56.666667	23.333333	3.333333	30.000000	20.000000	20.000000	46.666667
784	3.4	26.666667	26.666667	56.666667	23.333333	3.333333	30.000000	20.000000	20.000000	46.666667
785	4.0	46.666667	36.666667	33.333333	26.666667	20.000000	26.666667	46.666667	30.000000	40.000000
786	4.0	33.333333	43.333333	50.000000	30.000000	33.333333	40.000000	30.000000	23.333333	63.333333
787	4.0	33.333333	43.333333	50.000000	30.000000	33.333333	40.000000	30.000000	23.333333	63.333333

**Figura 1.** Dataset de variables de la investigación

#### 3.2 Información de entrenamiento del modelo

En la Tabla se aprecia la información de entrenamiento del modelo.

**Tabla 2.** Número de registros de entrenamiento y prueba

Registro de entrenamiento	Registros del test
630	158

#### 3.3 Árbol de decisión

El Esquema del árbol de decisión se muestra en a Figura 2.

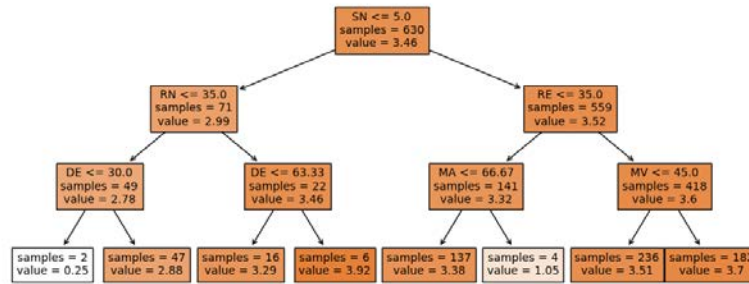


Figura 2. Esquema del árbol de decisión

### 3.4 Importancia de los predictores para el modelo de árboles de decisión

Los predictores y su importancia en el modelo de árbol de decisión se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Predictores y su importancia en el modelo de árbol de decisión

Predictores	importancia
Rv	0.000000
Rn	0.245834
Re	0.111624
Sv	0.000000
Sn	0.245834
Se	0.000000
Ma	0.288359
Mv	0.051723
De	0.204516

### 3.5 Importancia de los predictores para el modelo de bosques aleatorios

Los predictores y su importancia en el modelo de bosques aleatorios se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Predictores y su importancia en el modelo de bosques aleatorios

Predictores	Importancia
Rv	0,082932
Rn	0,082932
Re	0,174182
Sv	0,089914
Sn	0,187805
Se	0,049521
Ma	0,109038
Mv	0,111571
De	0,132750

### 3.6 Resultados de la evaluación para ambos modelos

En la Tabla 5 se aprecian los resultados de la evaluación de ambos modelos.

Tabla 5. Resultados de evaluación de ambos modelos

Modelo	Error cuadrático medio
Árbol de decisión	0,9802106732522072
Bosques aleatorios	0,9629767282300933

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos observados en el modelo árbol de decisión los estudiantes clasificados con notas por debajo de 3.0 son aquellos que tienen las siguientes características: porcentaje de aciertos menores o iguales al 5% en la aptitud de problemas numéricos, menores o iguales de 35% en series numéricas y porcentajes no superiores al 30% de aciertos en discriminar diferencias. Igualmente, estudiantes con



porcentaje de aciertos mayores que 5% en la aptitud de problemas numéricos, menores o iguales de 35% en Matrices de figuras y porcentajes no superiores al 66.67% de memoria auditiva.

A pesar de que el resultado del error cuadrático medio del modelo de bosques aleatorios es menor que el error en el modelo de árboles de decisión, se observa que los resultados en la importancia relativa en el árbol de decisión son más consistentes que en los bosques aleatorios, donde se resaltan las aptitudes más influyentes en las predicciones del rendimiento académico, las cuales son: Series numéricas Sn, Memoria auditiva Ma y Problemas numéricos Sn.

Se concluye que las aptitudes relacionadas con competencias numéricas son las de mayor influencia en la predicción de los resultados del promedio académico.

## REFERENCIAS

- [1] Franco E. et al. (2021). Modelos predictivos de riesgo académico en carreras de computación con minería de datos educativos. *Revista de Educación a Distancia*, 21(66).
- [2] Buchely A. y Pereira R. (2021). Minería de datos educativa para descubrir patrones asociados al desempeño académico en competencias genéricas. *Revista colombiana de tecnologías de avanzada* 2(38), 87-95.
- [3] Araiza V. et al. (2023). Estimación del rendimiento de los estudiantes en una experiencia de aprendizaje móvil. *Formación universitaria* 16(1), 33-44.

# Hacia un futuro sostenible: Análisis reflexivo de la educación ambiental en el marco normativo colombiano de los Proyectos Ambientales Escolares PRAE

Mirta Yuley Porras Lugo<sup>1</sup>

Natalia Escobar Escobar<sup>2</sup>

*Universidad de Cundinamarca, Colombia*

La educación ambiental EA en Colombia nace como una respuesta a la necesidad de abordar los problemas y desafíos ambientales en el país, y a lo largo de los años se han desarrollado diferentes iniciativas y políticas para promoverla y fomentar el cuidado de los recursos naturales. Una directriz nacional que se enmarcó en este contexto fue la creación de los Proyectos Ambientales Escolares PRAE, impulsados como una estrategia pedagógica que ha tenido como objetivo fomentar la EA y la sostenibilidad en las instituciones educativas. El Decreto 1743 de 1994 establece el PRAE, como una estrategia pedagógica obligatoria en todos los niveles de la educación formal, es una política relevante para la EA que refleja la necesidad de abordar el medio ambiente en todos los campos educativos. En este estudio se realizó una revisión documental, donde se relacionaron informes o boletines institucionales sobre la evolución de políticas públicas ambientales, artículos de revistas e investigaciones académicas, que permitieron comprender el contexto normativo de los PRAE. El decreto mencionado permitió un acercamiento de su implementación en las escuelas colombianas, considerando los siguientes aspectos: disposiciones, aspectos generales, antecedentes e impacto, indicando que los PRAE pueden aplicarse y manejarse acorde a la autonomía de cada institución educativa. Con casi treinta años de existencia el PRAE carece de seguimiento de las instancias gubernamentales correspondientes, así como de planes de mejora sujetos a contextos evaluativos.

---

<sup>1</sup>Licenciada en Física, Magíster en Enseñanza de las ciencias exactas y naturales, y estudiante de Doctorado en Ciencias de la Educación. Contacto: [myporras@ucundinamarca.edu.co](mailto:myporras@ucundinamarca.edu.co)

<sup>2</sup> Bióloga, Magíster en Ciencias biológicas y Doctora en Agroecología. Contacto: [nataliacobar@ucundinamarca.edu.co](mailto:nataliacobar@ucundinamarca.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La EA es un proceso educativo integral que busca promover la conciencia, el conocimiento y las habilidades necesarias para comprender y abordar los problemas ambientales. Su objetivo principal es fomentar una ciudadanía comprometida y responsable con la protección y conservación del medio ambiente. Como indican [1, 2] la EA involucra la enseñanza de conceptos, valores y actitudes relacionados con la sostenibilidad, la conservación de los recursos naturales, la biodiversidad, el cambio climático y otros temas ambientales relevantes. Además, busca desarrollar habilidades prácticas para tomar decisiones informadas y participar en acciones concretas para proteger y mejorar el entorno.

Este enfoque educativo se lleva a cabo en diferentes contextos, como escuelas, comunidades, organizaciones y medios de comunicación. Se basa en metodologías participativas y experiencias de aprendizaje prácticas, que fomentan la reflexión crítica, el diálogo y la participación de los individuos y grupos. La EA ha evolucionado en el país a lo largo de los años, adaptándose a las necesidades y desafíos ambientales del país, se han considerado las siguientes instancias [3]:

- Reconocimiento institucional: en Colombia la EA ha sido reconocida como una herramienta fundamental para la conservación y el desarrollo sostenible. Se han establecido políticas y marcos que promueven la educación ambiental en diferentes niveles, desde el gobierno nacional hasta el ámbito local.
- Inclusión en el currículo escolar: la EA se ha incorporado gradualmente en el currículo escolar colombiano. Se han desarrollado lineamientos y programas educativos que abordan temas ambientales, como la conservación de los recursos naturales, la biodiversidad y el cambio climático y la creación de los PRAE.
- Fortalecimiento de la formación docente: se han implementado programas de capacitación y formación para fortalecer las competencias de los profesores en educación ambiental. Esto ha permitido que los profesores estén mejor preparados para abordar los temas ambientales en el aula y promover la conciencia ambiental entre los estudiantes.
- Participación comunitaria: la EA en Colombia ha evolucionado hacia enfoques más participativos y comunitarios. Se promueve el involucramiento de las comunidades en la identificación y solución de los problemas ambientales, fomentando así la apropiación y el cuidado del entorno local.
- Uso de tecnología y medios de comunicación: con el avance de la tecnología, la EA en Colombia ha incorporado el uso de herramientas digitales y medios de comunicación para llegar a un público más amplio. Se utilizan recursos como aplicaciones móviles, plataformas en línea y programas de televisión para difundir información y promover cuidados ambientales.

Los Proyectos Ambientales Escolares o PRAE representan una oportunidad única para que la comunidad educativa en general se involucre en proyectos concretos que abordan problemáticas ambientales propias de sus entornos locales. Estos proyectos no solo han contribuido a la formación de ciudadanos responsables y comprometidos con el cuidado del medio ambiente, sino que también han creado un vínculo esencial entre la educación y la realidad ambiental circundante.

En Colombia, el marco normativo que rige la implementación de los PRAE se encuentra establecido en el Decreto 1743 de 1994 el cual incorpora los PRAE en todos los niveles de educación formal, no formal e informal en el país [4]. De esta manera, brinda unos parámetros para las instituciones educativas y los profesores, proporcionando la planificación, ejecución y evaluación de proyectos que abordan desafíos ambientales particulares. En un mundo donde la sostenibilidad se ha vuelto imperativa, este decreto marcó un momento importante en la historia de la EA en Colombia al establecer las bases legales para la formación y desarrollo de PRAE en las escuelas de todo el país.

Con la creciente conciencia ambiental y cambios sociales, ha sido fundamental revisar la implementación del decreto 1743 de 1994 para comprender su alcance, efectividad y relevancia en el entorno actual. El

objetivo de este capítulo se enfocó en realizar un análisis del decreto, con el propósito de identificar tanto sus fortalezas como sus limitaciones en términos de promoción de la educación ambiental. Se indaga el contexto de los PRAE, resaltando la importancia de un análisis reflexivo que brinde elementos significativos que aporten al proceso de ajuste y actualización de esta herramienta dados los desafíos ambientales cada vez más apremiantes para las generaciones venideras. Además, es necesario trascender la retórica regulatoria y centrarse en acciones concretas en las que las comunidades escolares estén comprometidas, con el objetivo de construir un futuro sostenible.

## 2. MÉTODO

La investigación se basó en una revisión documental que abarcó una variedad de fuentes con el fin de obtener una comprensión de las condiciones y los desafíos actuales de los PRAE en varios contextos educativos. Se examinaron textos sobre normatividad vigente [4]. Se incluyeron documentos de políticas públicas relacionadas con la EA de Colombia y referentes internacionales. La revisión integró investigaciones sobre informes en trabajos de campo y análisis de PRAE de instituciones educativas públicas. Adicionalmente, se contó con la experiencia docente, por más de 15 años en el área de Ciencias Naturales, permitiendo tener un panorama reflexivo de experiencia propia, ya que esta área suele articular a los PRAE en las instituciones educativas.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para comprender el inicio y contexto del Decreto 1743 de 1994 en el ámbito educativo de Colombia, es importante considerar los antecedentes nacionales e internacionales que lo abarcan. Estos antecedentes son el resultado de una amplia revisión de documentos que permitieron analizar la evolución histórica de las políticas ambientales y educativas. Se comprendió cómo el país ha abordado la incorporación de la EA en el sistema educativo y cómo se ha relacionado con los estándares y tendencias internacionales en educación y sostenibilidad.

### 3.1 Contexto internacional

El surgimiento de las Naciones Unidas en 1945 y el establecimiento del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA en 1972 han jugado un papel importante en la promoción de la EA en todo el mundo. La Conferencia de Estocolmo de 1972 organizada por el PNUMA marcó el comienzo de un compromiso global con la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente, reforzando así aún más la importancia de educar a la gente sobre estos temas [5].

La publicación de *Los límites del crecimiento* [6] fue un evento importante en el campo de la sostenibilidad y la conservación de recursos. En este trabajo se afirma que *el crecimiento ilimitado del consumo tiene un límite absoluto de 100 años, lo que resalta la insostenibilidad del crecimiento y el uso de los recursos naturales y las tierras cultivables*. Este llamado a la acción global fue fundamental para generar conciencia sobre la importancia de abordar estos problemas y promover un enfoque más sostenible en la EA. La Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano, adoptada en 1972 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, también subrayó la importancia de la educación y la conciencia pública en la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible [5].

La Carta de Belgrado promovió la idea que la EA debía ser una herramienta para la consecución de un desarrollo sostenible y promoviera la participación activa de la comunidad en la protección del medio ambiente. De acuerdo a la Carta de Belgrado [7] y la Declaración de Tbilisi [8], considerados como los pilares fundamentales de la EA. El informe destacó que la solución a los problemas ambientales y sociales requería un enfoque integrado, y que los gobiernos, la sociedad civil y las empresas debían trabajar juntos para lograr un futuro sostenible. Su publicación señaló la necesidad de una comprensión más profunda y amplia de los problemas ambientales y sociales, y la importancia de la educación para el cambio [8].

Ha existido una controversia en las diferentes interpretaciones del desarrollo sostenible y el desarrollo sustentable. El desarrollo sustentable se enfoca en la preservación, conservación y protección de los

recursos naturales, sin considerar las necesidades sociales, políticas o culturales de la humanidad. Por otro lado, el término desarrollo sostenible surgió después del Informe Brundtland en 1987, y se percibe como una etapa superior que busca satisfacer las necesidades humanas básicas, por ejemplo, el acceso a los alimentos. En este sentido, el desarrollo sostenible tiene en cuenta no solo la protección del medio ambiente, sino también las necesidades sociales, políticas y culturales de la humanidad [9].

Durante la década de 1980 y principios de la década de 1990, hubo un crecimiento significativo en la conciencia a nivel mundial, los problemas ambientales globales generaron una mayor atención y preocupación. La declaración de la UNESCO de la década de 1980 como la Década de la Educación Ambiental también contribuyó a fortalecer la importancia de la EA en los sistemas educativos de los países miembros. Además, se reconoció la necesidad de formar ciudadanos conscientes para abordar los desafíos ambientales [10].

Colombia ha reconocido esta necesidad y ha implementado regulaciones ambientales, estableciendo un marco legal a nivel nacional y territorial para guiar la educación hacia la sostenibilidad. Además, la participación de Colombia en la declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992 ha demostrado un compromiso continuo con la protección del entorno y la promoción de la EA [11].

### 3.2 Contexto nacional

Para comprender mejor este proceso, se analizó cómo se implementó la EA en Colombia antes de la promulgación del Decreto 1743 en 1994. La legislación ambiental inició el 24 de septiembre de 1968 con el Decreto 2420. Este decreto reestructuró el sector agrícola y creó el Instituto de Recursos Naturales Renovables INDERENA. El artículo 22 del decreto definió sus funciones, entre ellas se encuentran la regulación del uso, aprovechamiento y comercialización de los recursos naturales renovables del país, incluyendo la supervisión de patentes, concesiones, licencias y permisos, así como la movilización de productos forestales y de fauna [12].

Posteriormente, la Ley 23 de 1973 sentó las bases de la política ambiental en Colombia, aunque no estableció directamente los PRAE, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Normativa que precede el Decreto 1743 de 1994

Normativa	Descripción
Decreto 2420 de 1968	Creación del INDERENA, regula el uso y aprovechamiento de los recursos naturales
Ley 23 de 1973	Caza y protección de fauna silvestre, sentó bases para la conservación de biodiversidad y política ambiental.
Constitución Política de 1991	Introdujo protección ambiental como deber estatal, base legal para promoción de la EA.
Ley 99 de 1993	Incorporó la EA en la gestión ambiental en Colombia y su importancia en la formación ciudadana.
Ley 115 de 1994	Reconoció EA como área de conocimiento obligatoria en currículos escolares, soporte legal para su integración.
Decreto 1743 de 1994	Estableció bases para promoción de EA en todos niveles educativos, definió principios, objetivos y estrategias para los PRAE.

Sin embargo, estableció los fundamentos para las futuras regulaciones en este campo, [13] afirma que *el gobierno nacional incluirá dentro de los programas de educación a nivel primario, medio, técnico y universitario, cursos regulares sobre conservación y protección del medio ambiente*. Esto indica que la ley enfatiza la importancia de la EA como una herramienta esencial para proteger y preservar los recursos naturales renovables.

Dos eventos fundamentales marcaron el camino hacia la incorporación de la EA en el sistema educativo colombiano. El comienzo de este importante acontecimiento ocurrió en 1991, durante la Asamblea Nacional Constituyente de Colombia, un proceso que llevó a la creación de la nueva Constitución Política del país que reemplazó la Constitución Política de 1886 considerada una constitución verde a nivel mundial, según [14] el desarrollo sostenible y la EA se definen como derecho, obligación y fin del Estado. En la constitución de 1991, se reconoció por primera vez el *derecho de cada persona a vivir en un ambiente sano* y se estableció la *obligación del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente* [15].

Luego, en 1993, se promulgó la Ley 99, conocida como la Ley del Medio Ambiente. Esta ley marcó un punto de inflexión en la legislación ambiental colombiana al establecer las bases para la gestión ambiental integral en el país. Uno de los aspectos clave de esta ley fue la inclusión de la EA como parte integral de la gestión ambiental y la promoción de una cultura de respeto y conservación del entorno. A través del artículo 2, *se creó el Departamento de Medio Ambiente y definió sus objetivos*. En su artículo 4, se definió *el establecimiento del Sistema Nacional Ambiental SINA*, como un conjunto de lineamientos, normas, actividades, recursos, programas, procesos e instituciones que posibilitan la implementación de principios generales de desarrollo [16].

La Ley General de Educación, Ley 115 de 1994, *reconoció la EA como un área de conocimiento fundamental y obligatoria en el sistema educativo colombiano* [17]. La inclusión de la EA como parte esencial del currículo escolar reflejó el compromiso del país con la formación de ciudadanos conscientes de la importancia de preservar el ambiente y tomar decisiones informadas en relación con los recursos naturales [17]. Estos eventos normativos promovieron la EA en Colombia y reflejaron el reconocimiento de que la protección del medio ambiente y la formación de ciudadanos ambientalmente responsables son aspectos cruciales para el desarrollo sostenible del país.

Las comunidades poseen un conocimiento invaluable de su entorno, sus recursos naturales y sus dinámicas socioeconómicas, lo que los convierte en actores fundamentales en la formulación de soluciones ambientales contextualizadas. Según [18] La efectividad y pertinencia de las políticas públicas ambientales están intrínsecamente vinculadas a la participación activa de las comunidades locales, su ausencia en la toma de decisiones y en la elaboración de estrategias ambientales es una debilidad clave en la implementación de políticas ambientales efectivas en Colombia. Al involucrar a las personas que viven en las áreas directamente afectadas por los problemas ambientales, se pueden identificar soluciones realistas y adecuadas para afrontar las necesidades de cada región [19].

Ante este panorama se han abierto puertas para la implementación de proyectos y programas de EA en las instituciones educativas de Colombia, como los PRAE, a través del Decreto 1743 de 1994, el cual desempeña un papel importante en la formación de las nuevas generaciones comprometidas con la conservación del entorno natural.

### 3.3. Fundamentos del Decreto 1743 de 1994

El Decreto 1743 de 1994 emitido por la Presidencia de la República de Colombia, estableció las bases para la promoción de la EA en todos los niveles de la educación formal en el país [4]. Este decreto tiene como base la Ley 115 de 1994, que establece una estructura de servicio público educativo en Colombia y tiene como objetivo capacitar a los estudiantes en la protección, preservación y aprovechamiento de las condiciones humanas y ambientales [17].

En este estudio se hizo referencia exclusivamente a la educación formal, en particular, las instituciones educativas públicas de educación básica y media del territorio colombiano a quienes se ha venido implementando este decreto, cuya estructura se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Estructura del Decreto 1743 de 1994

Capítulo	Artículo	Contenido
	Preámbulo	Fundamentos y consideraciones
1	1	Institucionalización de los PRAE
	2	Objetivos de los PRAE
	3	Principios rectores de los PRAE
	4	Estrategias para los PRAE
	5	Mecanismos de coordinación de los PRAE
2	6	Creación y conformación de los comités ambientales escolares
	7	Funciones de los comités ambientales escolares
3	8	Lineamientos generales para la integración de la EA en el currículo.
	9	Contenidos mínimos de EA en el currículo.
	10	Metodología para la EA

4	11	Lineamientos generales para la formación de profesores en EA.
	12	Contenidos mínimos de formación para la EA.
	13	Metodología de formación para la EA.
5	14	Lineamientos generales para la formación de profesores en EA.
	15	Contenidos mínimos de formación para la EA.
	16	Metodología de formación para la EA.

El preámbulo estableció los fundamentos y consideraciones que justifican su expedición. Los capítulos se refieren a la institucionalización del PRAE, los objetivos, principios rectores, estrategias y mecanismos de coordinación para la promoción de la EA en todos los niveles de educación formal, no formal e informal en Colombia [4]. Los artículos establecieron las disposiciones específicas para la implementación del PRAE, incluyendo la creación de comités ambientales escolares, la integración de la educación ambiental en el currículo escolar, la formación de profesores y la promoción de la investigación y la innovación en educación ambiental [4].

Desde la ley 1743 de 1994 hasta la participación del país en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo en 1972 y la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992, se evidencia un compromiso creciente con la promoción de la EA en el país. Estos eventos internacionales y nacionales sentaron las bases para la inclusión de la EA en la legislación colombiana.

Este decreto se sustenta en la Ley 115 de 1994, conocida como la Ley General de Educación, que reconoce la importancia de la EA como un área de conocimiento fundamental y obligatoria en el sistema educativo colombiano. Esta ley estableció principios para la educación en Colombia, incluyendo la promoción del respeto por el ambiente y la formación de ciudadanos conscientes de la necesidad de proteger los recursos naturales [17]. Se convierte en un motor para la EA en el país, al promover la inclusión de la EA en los planes de estudio escolares, lo que garantiza que todos los estudiantes tengan la oportunidad de adquirir conocimientos y valores ambientales desde temprana edad.

Además, en [4] se reconoce la importancia de la capacitación de los profesores en el ámbito de la educación ambiental, y alienta la investigación y la innovación en educación ambiental. Se busca empoderar a los estudiantes, profesores y comunidades en la toma de decisiones relacionadas con el medio ambiente, lo que no solo fortalece la educación ciudadana, sino que también estimula la gestión y resolución de problemas ambientales desde la base. La promoción de una cultura ambiental sostenible es su núcleo, y su objetivo es forjar ciudadanos responsables y comprometidos con la protección del medio ambiente.

Las estrategias incluyen integrar la EA en los planes de estudio escolares, capacitar a los profesores y promover su investigación e innovación. Los mecanismos de coordinación incluyen el asesoramiento y apoyo institucional, el diseño e implementación del PRAE, su evaluación periódica y la coordinación con otras organizaciones públicas o privadas locales [4]. Asimismo, establece principios rectores, objetivos, estrategias y mecanismos de coordinación para promover la EA en todos los niveles de la educación formal en Colombia. Los principios rectores según [4] incluyen la interculturalidad, la formación de valores, la regionalización, la interdisciplinariedad, la participación y formación democrática, así como la gestión y la resolución de problemas. El objetivo del proyecto es promover una cultura ambiental sostenible, formar ciudadanos responsables y comprometidos con el medio ambiente.

La interculturalidad reconoce la diversidad de culturas y cosmovisiones en Colombia como un elemento clave en la comprensión y la manera en la que se debe enfrentar los problemas ambientales. La formación de valores inspira en los estudiantes un profundo respeto por la naturaleza y la importancia de la sostenibilidad. La regionalización reconoce que los desafíos pueden variar significativamente de una región a otra. La interdisciplinariedad fomenta la colaboración entre diferentes áreas del conocimiento para abordar los problemas ambientales de manera integral.

La participación y formación democrática buscan empoderar a los estudiantes, profesores y comunidades en la toma de decisiones relacionadas con el medio ambiente. La gestión y la resolución de problemas promueven la aplicación del conocimiento para la comprensión y solución de los problemas ambientales que presentan desde su entorno [4].



Sin embargo, a pesar de los avances significativos en la promoción de la EA en Colombia, aún existen retos importantes que deben abordarse. La falta de recursos y apoyo institucional, la falta de capacitación de los profesores en EA y la falta de coordinación entre las entidades gubernamentales y organizaciones involucradas en la EA son algunos de los desafíos que limitan la implementación efectiva de los PRAE en todo el país. Es necesario abordar estos inconvenientes para lograr una EA efectiva en el país, y para garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras.

### 3.4 Perspectiva normativa después de 1994

La educación ambiental ha sido reconocida como un pilar fundamental para avanzar hacia el desarrollo sostenible desde la Cumbre de la Tierra de 1992, donde se estableció la Agenda 21. En este evento se destacó la importancia de reorientar la educación hacia la sostenibilidad, reconociendo que la educación no solo implica conocimientos académicos, sino también la conciencia pública, valores, actitudes y habilidades necesarias para abordar los desafíos ambientales y de desarrollo [20]. Desde entonces, la educación ambiental ha sido reconocida como una herramienta clave para fomentar la participación ciudadana y la toma de decisiones informadas en temas ambientales. Además, se ha destacado la importancia de la educación ambiental para promover la equidad social y la justicia ambiental, ya que los impactos ambientales negativos a menudo afectan de manera desproporcionada a las comunidades más vulnerables.

La conferencia *Medio Ambiente y Sociedad* de 1997 dispuso la sostenibilidad en el centro de su enfoque y al promover la transición hacia una sociedad más sostenible, una mayor conciencia y compromiso con la preservación del medio ambiente natural. La EA se ha convertido en una valiosa herramienta que puede lograr generar conciencia, sensibilización y acción en favor de la sostenibilidad, así como promover la justicia social y ambiental [21].

En 1995, la UNESCO adoptó una postura reflexiva sobre el papel de la educación y enfatizó la necesidad de que las escuelas sean el principal motor para apuntalar los objetivos de la EA. En este contexto, se destaca que las escuelas juegan un papel fundamental en la implementación de políticas públicas en lo que respecta a aspectos como la educación cívica, la investigación ambiental y el reconocimiento de diversos aspectos incluyendo los sociales, culturales, económicos, ecológicos y políticos [22].

El objetivo fundamental es formar un ciudadano democrático activo, dotado de las habilidades y conocimientos necesarios para tomar decisiones informadas y enfrentar desafíos relacionados con los aspectos económicos, ambientales y culturales. Esencialmente, la UNESCO en [22] promovió la idea de que la educación no solo imparte información, sino que capacita a las personas para participar efectivamente en la sociedad y abordar cuestiones importantes que afectan a nuestro mundo.

En Colombia en 1995, el Ministerio de Medio Ambiente MMA y ministerio de Educación MEN, desarrolló directrices para implementar políticas de educación ambiental PPEA. Estas orientaciones han sido expresadas en el documento *Cultura para la paz, hacia una política de educación ambiental*. El objetivo es promover, dentro del SINA, una cultura ambiental pacífica, justa y solidaria, que reconozca y respete la idiosincrasia de otras regiones y etnias en conjunto. El objetivo principal es la cooperación entre individuos y ciudadanos para construir un proyecto social colectivo [23].

En 2000, los líderes mundiales adoptaron los Objetivos de Desarrollo del Milenio ODM, que representan un llamado global a la acción para abordar los desafíos clave que afectan el desarrollo humano en todo el mundo. Estos objetivos no solo definen un conjunto de objetivos específicos y mensurables destinados a mejorar la vida de las personas en todo el planeta, sino que también reflejan un consenso global sobre la urgente necesidad de abordar esta importante cuestión. Los ODM se han convertido en un faro de esperanza y un marco de acción, uniendo a naciones, organizaciones y ciudadanos en un esfuerzo común para lograr un mundo más justo e igualitario [24].

En Colombia, la PNEA de 2002 que establece los lineamientos generales de la gestión ambiental en el país, incluye la dimensión ambiental del currículo en la educación básica y media, y se basa en un marco de

desarrollo sostenible. Desde entonces, la EA y la educación para el desarrollo sostenible EDS han estado interrelacionadas en la educación en Colombia, con el fin de formar ciudadanos éticos y responsables frente al ambiente y al desarrollo del país [25].

De 2005 a 2014, la UNESCO centró sus esfuerzos en promover y mejorar la EDS. El objetivo de este enfoque educativo era capacitar a las personas no solo en los conocimientos sino también de las habilidades y valores esenciales para afrontar los retos socio ambientales actuales y futuros. En este contexto, la UNESCO ha asumido un papel de liderazgo en la promoción de la integración de la sostenibilidad en los sistemas educativos y las decisiones gubernamentales [26].

Al mismo tiempo, a nivel nacional, el MEN reconoció en 2009 la importancia crucial de *la década de la educación para el desarrollo sostenible* [27]. Esta década se considera una valiosa oportunidad para lograr cambios significativos en el sistema educativo, con el objetivo de hacer de la educación el referente del desarrollo sostenible. Se enfatiza que la EDS juega un papel fundamental en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS y la necesidad de incorporar principios de sostenibilidad en todos los niveles y en todos los aspectos de la educación. Estos esfuerzos demuestran un compromiso, tanto a nivel nacional como internacional, para abordar los desafíos clave del desarrollo sostenible a través de la educación [28].

La Ley 1549 de 2012 fue un paso importante en el fortalecimiento de la Política Nacional de Educación Ambiental PNEA en Colombia. En [29], el artículo 8 reconoce la importancia del PRAE como instrumento principal para abordar temas relacionados con la biodiversidad y el cambio climático en el currículo escolar. A pesar de un sólido marco legal que apoya la integración de la educación ambiental en el sistema educativo, la práctica a nivel local, sigue siendo un desafío preocupante. Según una investigación de [18] La brecha entre el marco legal y la implementación local plantea preguntas importantes sobre la voluntad política y los recursos asignados para lograr una educación ambiental efectiva.

El Programa de Acción Mundial de Educación para el Desarrollo Sostenible (2015-2019) lanzó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que presentó 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS a nivel global. Estos ODS se han convertido en una herramienta esencial de planificación y evaluación para los países que buscan un desarrollo más sostenible, con especial atención en el ODS 4, que se centra en garantizar una educación inclusiva y de calidad. La UNESCO jugó un papel fundamental en la promoción de la Educación para el Desarrollo Sostenible EDS de 2005 a 2014. La EDS tiene como objetivo proporcionar a las personas los conocimientos, habilidades y valores para abordar los desafíos ambientales y sociales y se les alienta a incluir modelos educativos y decisiones gubernamentales. La UNESCO presentó la iniciativa de EDS para 2030 en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en línea con el Programa de Acción Mundial.

Sin embargo, es esencial reconocer las críticas constructivas y enfoques más holísticos para abordar los desafíos del desarrollo sostenible y la educación ambiental. Algunos autores sostienen que la EDS puede estar demasiado centrada en soluciones técnicas y no abordar las causas subyacentes de los problemas ambientales y sociales. Otros abogan por una visión más amplia de la sostenibilidad basada en valores morales y conocimientos ancestrales. Por ejemplo, [30] quien argumenta que la EDS es una estrategia del sistema económico global para perpetuar la idea de que el desarrollo sostenible se puede lograr a través del crecimiento económico, sin cuestionar las bases del sistema económico. Leff defiende una perspectiva ecológica crítica, que reconoce la complejidad de la relación entre la naturaleza y la sociedad, y que se enfoca en la transición hacia una economía ecológica y solidaria.

### 3.5 Implementación de los PRAE en las escuelas colombianas

La integración de diferentes disciplinas en la EA en Colombia presenta falencias debido a las inercias disciplinarias existentes [31]. Se requiere el diseño y la implementación de estrategias pedagógicas innovadoras que permitan una integración efectiva de diferentes disciplinas. *Este proyecto es elaborado con la participación de toda la comunidad educativa, no solo por el profesor de ciencias naturales como lo hacen algunas instituciones* según [32] La EA debe hacer frente a las necesidades ambientales actuales y futuras, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, seguridad alimentaria, huella de carbono,

etc. Sin embargo, se debe superar la ambigüedad en la integración de disciplinas y se necesita una contextualización adecuada para lograr una EA más efectiva. De acuerdo con [32], *el PRAE es una estrategia para abordar la dimensión ambiental desde la escuela y como herramienta para la intervención de las problemáticas ambientales de cada contexto*. Las conclusiones del estudio [33] ponen de manifiesto que la implementación de *los PRAE como herramienta pedagógica para la transversalidad de la educación ambiental en instituciones educativas de Nariño, Colombia, es una estrategia efectiva para la transformación de actitudes ambientales y la solución de problemáticas ambientales en las instituciones educativas*.

También han surgido como una estrategia educativa para abordar los desafíos ambientales a nivel local y contribuir a la búsqueda de soluciones adecuadas a la realidad de cada región y municipio. Sin embargo, según [33], si bien el PRAE ha sido desarrollado e implementado durante 27 años, su estructura no ha cambiado significativamente desde 1994, a pesar de cambios significativos en el contexto ambiental actual. Esta falta de adaptación plantea un desafío importante para la implementación efectiva de estos proyectos, ya que es posible que no aborde adecuadamente los problemas ambientales actuales.

La revisión de la documentación mostró que la implementación de los PRAE en las instituciones educativas de Colombia es compleja. Uno de los principales inconvenientes es la falta de un marco temporal definido para llevar a cabo estos proyectos, lo que ha generado resistencia y se ha convertido en actividades extracurriculares. Un estudio [34] realizado en la institución educativa de Occidente, en Anserma, Caldas, Colombia, destaca que la dimensión ambiental en la educación no se aborda de manera transversal debido a la falta de cumplimiento y comprensión del PRAE y cuál es el rol de los actores involucrados. Según [35] La enseñanza de la EA en el ámbito escolar demanda programas de capacitación dirigidos tanto a profesores como a las comunidades escolares. Estos programas deben tener como punto de partida la comprensión de la situación actual, las necesidades y los intereses específicos de cada contexto, con el fin de desarrollar y aplicar estrategias de acción adecuadas.

En este contexto, [36] llevaron a cabo un análisis exhaustivo de los PRAE en Sincelejo, Sucre, con el objetivo de mejorar su implementación. Durante la investigación, se destacó la importancia de la cultura ambiental como base fundamental para el desarrollo de los PRAE. Los resultados obtenidos mostraron tanto aspectos positivos como necesidades de mejora en los PRAE analizados. Entre las fortalezas se destacaron la calidad del profesor, la integración transversal en el plan de estudios y la difusión del proyecto. Sin embargo, también se identificaron falencias, como la falta de recursos y la necesidad de una mayor participación de la comunidad educativa.

En Colombia, los PRAE han buscado incorporar la EA en las escuelas y fomentar la cooperación entre instituciones y comunidades. Aunque esta integración se consideró una fortaleza en el sistema educativo, un análisis [37] reveló que muchas escuelas se centran en problemas ambientales internos sin establecer vínculos sólidos con su entorno comunitario. A nivel local, la mayoría de las escuelas oficiales tiene PRAE en funcionamiento, pero estos proyectos operan de manera aislada en comparación con el currículo, lo que dificulta su efectividad. Por lo tanto, es necesario un mayor compromiso y colaboración de todos los actores involucrados para lograr una educación ambiental integral y efectiva que aborde las problemáticas ambientales locales y regionales de manera sostenible.

El Decreto 1743 de 1994 en Colombia establece las pautas y requisitos para la implementación de los PRAE, incluyendo la responsabilidad de la comunidad educativa y la necesidad de evaluaciones continuas con la participación de diversas organizaciones. Además, el capítulo III del decreto establece regulaciones específicas para las relaciones interinstitucionales e intersectoriales.

### **3.6 Análisis reflexivo de la implementación de los PRAE en el país**

Los PRAE tienden a implementar la EA de manera transversal y sistemática en todos los niveles educativos, desde preescolar hasta la educación superior [4]. Esta estrategia es valiosa para la formación de ciudadanos conscientes de su entorno y para abordar los desafíos ambientales y promover la sostenibilidad en Colombia. Los PRAE se han convertido en una herramienta esencial para la promoción de la sostenibilidad

en las instituciones educativas del país, ya que posibilitan el estudio y la comprensión de la problemática ambiental local y contribuyen en la búsqueda de soluciones acordes con las realidades de cada región y municipio, en un contexto natural, social, cultural, político y económico.

Uno de los elementos más trascendentales inherentes a los PRAE radica en su inigualable potencial para despertar sensibilidad en los estudiantes, profesores y las propias comunidades escolares en relación con la inestimable relevancia de conservar y proteger su entorno natural. Los PRAE no solo transmiten información sobre la naturaleza, también ejercen un papel fundamental al impulsar una comprensión más profunda de la intrincada interconexión entre los seres humanos y el medio ambiente que los rodea.

Esta comprensión de la interdependencia entre la humanidad y la naturaleza engendra una actitud proactiva que impulsa a los individuos a convertirse en defensores apasionados de la protección y preservación de los valiosos recursos naturales que sustentan nuestras vidas y comunidades. Los PRAE actúan como una chispa que enciende la conciencia ambiental, cultivando un profundo sentido de responsabilidad hacia el planeta. Los participantes en los PRAE no solo se vuelven conscientes de los problemas ambientales, sino que también se sienten que pueden desempeñar un papel activo.

A medida que los estudiantes se involucran en proyectos concretos relacionados con la protección del medio ambiente, como la reforestación local o la conservación de recursos hídricos, experimentan en primera persona el impacto de sus acciones en su entorno. Esta experiencia tangible les proporciona una perspectiva profunda y valiosa sobre cómo sus decisiones y comportamientos cotidianos influyen en el mundo que les rodea, lo que a su vez les motiva a tomar decisiones más responsables en su vida diaria [5].

La singularidad de los PRAE reside en su capacidad para no solo transmitir conocimientos sobre el medio ambiente, sino para inspirar una transformación profunda en la forma en que las personas se relacionan con la naturaleza. No se trata simplemente de impartir información, sino de cultivar un lazo emocional con el entorno natural, forjando ciudadanos comprometidos y apasionados que abrazan la causa de la conservación ambiental como parte fundamental de su identidad y propósito de vida.

La implementación de los PRAE, a pesar de su potencial transformador, enfrentó una serie de obstáculos que afectaron la efectividad y el alcance del proyecto en Colombia. Uno de los problemas más crónicos y peligrosos está directamente relacionado con la escasez de recursos financieros y el inadecuado apoyo institucional. La mayoría de las instituciones educativas, especialmente aquellas en las zonas más desfavorecidas, se han enfrentado a la dura realidad de tener presupuestos limitados, si es que tienen alguno, para implementar proyectos ambientales. Esta falta de financiación adecuada da como resultado la incapacidad de implementar iniciativas que sean efectivas y sostenibles en el tiempo [18].

Como resultado, esta situación desigual ha resultado en disparidades significativas en la calidad y continuidad del PRAE en todo el país. Si bien algunas escuelas han tenido éxito en implementar proyectos a gran escala y de alto impacto, sobre todo las que han sido focalizadas por el Ministerio de Educación Nacional MEN [38], otras están teniendo dificultades para implementar incluso las iniciativas más básicas debido a la disponibilidad limitada de regulaciones financieras. Esta brecha en los recursos disponibles afecta no solo la calidad de la educación ambiental que reciben los estudiantes, sino también la equidad en el acceso a este plan de estudios esencial.

Además, la evaluación y seguimiento del PRAE ha demostrado ser un área de gran preocupación. Medir el impacto real de estos proyectos en la educación ambiental y la comunidad en general es esencial para su mejora continua y efectividad duradera. Sin embargo, la falta de un sistema de evaluación sólido y estandarizado ha dificultado la recopilación de datos precisos y comparables para comprender completamente el alcance de estos programas [8]. Un sistema de revisión sólido no solo proporcionará una visión más clara del progreso, sino que también facilitará la identificación de buenas prácticas y áreas críticas de mejora, lo que conducirá a una implementación más eficiente del PRAE.

Los PRAE en términos de financiamiento y evaluación, resaltan la necesidad de un compromiso sostenido y una inversión adecuada en EA. Superar estos obstáculos no solo mejorará la calidad y equidad de la

educación ambiental en el país, sino que también contribuirá significativamente a la formación de ciudadanos conscientes y comprometidos con la protección del medio ambiente natural y duradero.

Para fortalecer la implementación de PRAE en Colombia y promover la EA de manera más efectiva, es fundamental tener en cuenta una serie de bondades y falencias identificadas. Una de las principales es la asignación de recursos adecuados por parte del gobierno para la implementación de los PRAE y la formación de los profesores en educación ambiental. Esto permitirá mejorar la calidad de los programas y garantizar su sostenibilidad a largo plazo. Además, es importante que los profesores reciban capacitación en educación ambiental para que puedan integrarla de manera efectiva en su enseñanza y fomentar una cultura ambiental en la comunidad educativa. Otra necesidad está en establecer vínculos sólidos entre las escuelas y sus comunidades para abordar las problemáticas ambientales locales y regionales de manera sostenible [39].

#### **4. CONCLUSIONES**

Respecto al Decreto 1743 de 1994 y su impacto en la implementación de los PRAE, se requiere mayor seguimiento de las instancias gubernamentales correspondientes, así como fomentar lineamientos pedagógicos a las instituciones educativas.

De acuerdo al soporte normativo a través del Decreto 1743 de 1994 donde se consolidaron los PRAE y se estableció su carácter obligatorio, su inmersión en el currículo ha enfrentado falta de claridad en los lineamientos curriculares específicos que admitan incluir la EA, ya que con frecuencia termina siendo fragmentada, teniendo en cuenta la insuficiente capacitación a los profesores quienes necesitan apoyo y formación permanente para desarrollar estrategias pedagógicas efectivas que fomenten la conciencia ambiental en su comunidad.

El decreto también sugiere que el PRAE sea transversal en el currículo, aunque en la práctica este proceso se ve limitado por las dinámicas propias de las instituciones, la disponibilidad de tiempo, el desarrollo de actividades aisladas relega la EA a un papel secundario en la programación académica impidiendo una integración efectiva.

Por ello, se requiere un enfoque que fomente el trabajo colaborativo entre todos los miembros de la comunidad educativa que permita abordar el ambiente desde múltiples perspectivas.

## REFERENCIAS

- [1] Ferguson T. y Bramwell S. (2023). Promoting environmental and sustainability education in the Caribbean: Research imperatives to inform practice. *Environmental Education Research* 29(7), 903-910.
- [2] Ison M. y Bramwell S. (2023). The arts in environmental education: Connecting learners with their talents and nature. *Environmental Education Research* 29(7), 964-979.
- [3] Acosta P. et al. (2020). Environmental education in environmental engineering: Analysis of the situation in Colombia and Latin America. *Sustainability* 12(18), 7239.
- [4] MEN. (1994). Decreto 1743 de 1994. Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
- [5] Naciones Unidas. (1972). Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano. Recuperado: <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>
- [6] Club de Roma. (1972). *The limits to growth: A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. Universe Books. R
- [7] Naciones Unidas. (1975). La Carta de Belgrado: Un marco general para la educación ambiental. En *International Workshop on Environmental Education*. Belgrade, 1975.
- [8] UNESCO. (1977). Tbilisi declaration on environmental education. Recuperado: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032763>
- [9] ONU. (1987). Informe Brundtland. *Nuestro Futuro en común*. Comisión mundial sobre el medio ambiente y desarrollo.
- [10] UNESCO y PNUMA. (1987). Congreso Internacional sobre la Educación y Formación Ambientales: Elementos para una estrategia internacional de acción en materia de educación y formación ambientales para el decenio de los 90. Moscú, URSS.
- [11] ONU. (1992). Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo: Principios relativos a los bosques. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas.
- [12] Ministerio de Agricultura. (1968). Decreto 2420 de 1968. Colombia.
- [13] República de Colombia. (1973). Ley 23 de 1973. Por la cual se dictan normas sobre Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Diario Oficial No. 34.082.
- [14] Congreso de Colombia. (1886). Constitución Política de Colombia de 1886.
- [15] Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política de Colombia de 1991.
- [16] Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
- [17] Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la Ley General de Educación.
- [18] Orduz M. (2014). Análisis de la política pública de educación ambiental en el departamento de Cundinamarca durante el periodo de 1992-2012. Universidad Santo Tomás.
- [19] Roth D. (2010). Enfoques para el análisis de las políticas públicas. Universidad Nacional de Colombia.
- [20] ONU. (1992). Acta final. Río de Janeiro, Brasil.
- [21] UNESCO y PNUMA. (1987). Congreso Internacional sobre la Educación y Formación Ambientales: Elementos para una estrategia internacional de acción en materia de educación y formación ambientales para el decenio de los 90. Moscú, URSS.
- [22] UNESCO. (1995). Declaración y marco integrado de acción en la educación para la paz. Recuperado: <https://catedraunescodh.unam.mx/catedra/catedradh2007/Eventos/Documentos/DeclaracionYPlanAccionIntegradoSobreEducacion.pdf>
- [23] Ministerio del Medio Ambiente. (1995). *Cultura para la paz: Hacia una política de educación ambiental 1995-1998*.
- [24] Naciones Unidas. (2000). Resolución 55/2: Declaración del Milenio de las Naciones Unidas. Asamblea General de las Naciones Unidas.
- [25] MEN. (2002). Política Nacional de Educación Ambiental para Colombia. Ministerio del Medio Ambiente & Ministerio de Educación Nacional.
- [26] UNESCO. (2014). *The UNESCO World Conference on Education for Sustainable Development: Final Report*.
- [27] MEN. (2009). *La educación para el desarrollo sostenible: Una herramienta para transformar los sistemas educativos*. Ministerio de Educación Nacional.
- [28] OEI. (2009). *Década de la Educación para la sostenibilidad: Temas de acción clave*. Recuperado: <https://guao.org/sites/default/files/portafolio%20docente/D%C3%A9cada%20de%20la%20educaci%C3%B3n%20para%20la%20sostenibilidad.%20Temas%20de%20acci%C3%B3n%20clave.pdf>
- [29] Congreso de la Republica de Colombia. (2012). Ley 1549. Por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial.
- [30] Leff E. (2007). *La complejidad ambiental*. Siglo XXI Editores.
- [31] Guillén M. (1996). Educación, medio ambiente y desarrollo sostenible. *Revista Iberoamericana de Educación* (11).
- [32] Flórez G. et al. (2017). Formación ambiental y reconocimiento de la realidad: Dos aspectos esenciales para la inclusión de la educación ambiental en la escuela. *Revista Lunazul*.

- [33] Rivas H. et al. (2021). La transversalidad de la educación ambiental en dos instituciones educativas del departamento de Nariño, Colombia. *Revista Boletín Redipe* 10(5).
- [34] Sepúlveda G. (2007). Proyectos Ambientales Escolares de Manizales. *Revista Luna Azul* 24, 15-22.
- [35] Velásquez J. (2009). La transversalidad como posibilidad curricular desde la educación ambiental. *Latinoamericana de Estudios Educativos* 5(2), 29-44.
- [36] Bustamante Á. et al. (2017). Caracterización de los planes de gestión ambiental escolar en Sincelejo, Sucre, Colombia. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación* 7(13), 111-127.
- [37] Henao O. y Sánchez L. (2019). La educación ambiental en Colombia, utopía o realidad. *Conrado* 15(67), 213-219.
- [38] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Experiencias significativas del Programa de Educación Ambiental y Gestión Integral del Recurso Hídrico PRAE en Colombia. Recuperado: <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/PRAE/2016/PRAE%20-%20Experiencias%20Significativas.pdf>
- [39] Torres M. (2010). *La Educación Ambiental en Colombia: Un Contexto de transformación social y un proceso de Participación en Construcción, a la luz del fortalecimiento de la Reflexión - Acción*. Programa de Educación Ambiental. Ministerio de Educación Nacional.

# Criterios de selección universitaria y su relación con el rendimiento académico de estudiantes de Tecnología Médica de primer año en Chile

Diego Nocetti<sup>1</sup>

Maura Auad<sup>2</sup>

Iván Guzmán<sup>3</sup>

Mario Dueñas<sup>4</sup>

Kathia Villalobos<sup>5</sup>

*Universidad de Tarapacá, Chile*

La admisión a las universidades en Chile se determina mediante criterios de selección, cuyo poder predictivo y equidad ha sido objeto de debate. El objetivo de este estudio es evaluar la influencia de los Criterios de Selección (NEM, RN y Resultados de las Pruebas de Acceso a la educación universitaria) en el rendimiento académico de los estudiantes de primer año de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica en cuatro asignaturas del área de ciencias del primer semestre universitario. Se realizó un estudio de corte transversal que incluyó a 286 estudiantes y se determinó que el resultado de la prueba de acceso de matemática, y el puntaje ponderado en la prueba de acceso a la universidad, son las variables que tienen mayor capacidad para explicar el rendimiento académico en las asignaturas de Matemática I, Anatomía, Química general y Biología humana. En contraste, el resultado de la prueba de acceso de Lenguaje y Comunicación, así como el NEM y el Ranking PSU, presentaron menor asociación con el rendimiento de los estudiantes. Los resultados deben interpretarse teniendo en cuenta el contexto del proceso de admisión y las características de la carrera estudiada. Esto destaca la necesidad de revisar regularmente los criterios de selección en la admisión universitaria para mejorar la predicción del éxito académico y tomar decisiones más informadas en los procedimientos de admisión.

---

<sup>1</sup> Tecnólogo Médico, Licenciado en Física Médica, Magíster en Didáctica para la Educación Superior, Magíster en Ciencias Radiológicas y Doctor en Ciencias Médicas. Contacto: [dnocetti@academicos.uta.cl](mailto:dnocetti@academicos.uta.cl)

<sup>2</sup> Tecnóloga Médica, Licenciada en Ciencias Radiológicas, Magíster en Didáctica para la Educación Superior y Estudiante de Doctorado en Educación. Contacto: [mauad@academicos.uta.cl](mailto:mauad@academicos.uta.cl)

<sup>3</sup> Ingeniero en Computación e Informática. Contacto: [iguzman@gestion.uta.cl](mailto:iguzman@gestion.uta.cl)

<sup>4</sup> Licenciado en Educación, Magíster en Multimedia Educativa, Magíster en Desarrollo Curricular y Proyectos Educativos y Estudiante de Doctorado en Educación. Contacto: [mduenasz@academicos.uta.cl](mailto:mduenasz@academicos.uta.cl); [mario.duenas@autonoma.cat](mailto:mario.duenas@autonoma.cat)

<sup>5</sup> Tecnóloga Médica y Licenciada en Física Médica. Contacto: [kathia.villalobos.olivares@gmail.com](mailto:kathia.villalobos.olivares@gmail.com)



## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema de educación universitaria en Chile está compuesto por tres tipos de universidades: estatales, públicas no estatales y privadas. De las 58 instituciones universitarias en el país, 30 están bajo la coordinación por el Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas CRUCH, representando el 51,04% de la matrícula de pregrado entre 2013 y 2023 [1].

El propósito fundamental de los sistemas convencionales de admisión universitaria es asegurar que los estudiantes admitidos posean las habilidades necesarias para aprovechar la formación superior y alcanzar un Rendimiento Académico exitoso [2]. La admisión a las carreras de pregrado en las Universidades del CRUCH y en otras 15 instituciones privadas se rige por un Sistema de Acceso a la Admisión Universitaria. Este sistema establece Criterios de Selección que son componentes considerados en el cálculo del puntaje ponderado de cada postulante, los cuales incluyen el promedio de notas de enseñanza media NEM, el puntaje de ranking de notas RN en relación con su contexto educativo y los Resultados de las Pruebas de Acceso a la educación universitaria [3].

En Chile, la prueba de acceso a la educación superior ha evolucionado a lo largo del tiempo, desde la Prueba de Aptitud Académica PAA entre 1992 al 2002 pasando por la Prueba de Selección Universitaria PSU entre 2003 al 2020, hasta llegar a la Prueba de Acceso Transitoria PDT o Prueba Transición Universitaria PTU entre 2020 y 2022 [4]. Estas pruebas comprenden evaluaciones estandarizadas obligatorias en Competencia Lectora y Competencia Matemática, junto con evaluaciones electivas de Ciencias o Historia y Ciencias Sociales, dependiendo de las carreras de interés de los postulantes [5].

La limitada capacidad de los sistemas de admisión universitaria para prever el Rendimiento Académico de los admitidos ha sido objeto de debate a lo largo de los años. Además, se ha planteado la preocupación por la relevancia de los Criterios de Selección para evitar cualquier forma de discriminación basada en aspectos sociales, étnicos, de edad o de género [6, 7]. Esta discusión se centra en la búsqueda de soluciones para evitar que las disparidades sociales se amplíen entre los estudiantes que obtienen resultados más altos en los exámenes de ingreso debido a sus circunstancias académicas y socioeconómicas, y aquellos que, por los mismos factores, obtienen resultados menos competitivos [8].

La importancia de los procedimientos de admisión se extiende a las universidades, el Estado y la sociedad en su conjunto. En este sentido, es esencial que las instituciones universitarias evalúen y analicen sus métodos y resultados de admisión. Esto conlleva la identificación de los factores más influyentes en el éxito académico de los estudiantes, promoviendo su retención y, en última instancia, apoyando la culminación exitosa de los programas académicos que han elegido [9].

A pesar de la relevancia de la relación entre los puntajes de ingreso universitario y el Rendimiento Académico posterior, en Chile existen escasas investigaciones al respecto [10]. Sin embargo, comprender esta conexión es esencial para mejorar la calidad de la selección de estudiantes. En [11] se destaca la importancia de los exámenes de admisión universitaria y su rol preponderante en los requisitos de admisión, al contribuir a la disminución de la tasa de fracaso entre los estudiantes.

La elección de la Universidad de Tarapacá como contexto de estudio se basa en reciente acreditación en el rango de excelencia (6 años de acreditación), su ubicación regional y fronteriza, y su pertenencia al CRUCH. Dentro de su oferta de pregrado, este centro educativo ofrece la carrera de Tecnología Médica en tres de sus especialidades: Oftalmología y Optometría, Laboratorio Clínico, Hematología y Banco de Sangre, e Imagenología y Física Médica. El presente trabajo se enfoca en la especialidad de Imagenología y Física Médica, cuyo proceso de admisión incorpora un sistema de ponderación, asignando un 10% al NEM, un 40% al RN y un 50% al Resultado de las Pruebas de Acceso a la educación universitaria (con 20% en el área de Lenguaje y Comunicación, 20% en Matemática y 10% en Ciencias) [12].

Considerando que el Rendimiento Académico es un constructo multifactorial [13], compuesto por diversos elementos atribuibles al logro del estudiante en tareas académicas [14], es crucial evaluar el poder predictivo de cada Criterio de Selección para identificar a los estudiantes con menores valores en los

parámetros más influyentes. En consecuencia, el objetivo de este estudio es evaluar la influencia de los Criterios de Selección (NEM, RN y Resultados de las Pruebas de Acceso a la educación universitaria) en el Rendimiento Académico de los estudiantes de primer año en la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica. Específicamente, se focalizará en el desempeño en las asignaturas del área de ciencias del primer semestre universitario.

De acuerdo con lo anterior, se intentará develar las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la distribución de los Criterios de Selección y del Rendimiento Académico de los estudiantes que ingresaron a la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica en el periodo 2015 – 2022, considerando su género y colegio de origen?
- ¿Cómo ha sido la evolución del comportamiento de cada uno de los Criterios de Selección y del puntaje ponderado para el ingreso a la universidad?
- ¿Cuál ha sido la evolución del Rendimiento Académico de los estudiantes en las asignaturas del área de las ciencias, pertenecientes al primer semestre de formación universitaria?
- ¿Cuál es el nivel de asociación de los Criterios de Selección en el Rendimiento Académico de los estudiantes de la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica para el periodo en estudio?

A partir de estos resultados, se aspira a obtener una comprensión más profunda de cómo los Criterios de Selección impactan en el Rendimiento de los estudiantes y cómo pueden ser mejorados para optimizar los procesos de admisión.

## 2. MÉTODO

El presente estudio es de tipo descriptivo, con diseño de corte transversal. La población correspondió a todos los estudiantes de primer año de la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica de la Universidad de Tarapacá, con ingreso entre 2015 y 2022.

Se excluyó a aquellos estudiantes que hubieran efectuado retiro de la carrera o suspensión de actividades antes de finalizar las asignaturas en estudio, a estudiantes con información incompleta en las bases de datos consultadas, a quienes no rindieron la asignatura o la abandonaron antes de finalizar el semestre y a quienes rindieron las asignaturas evaluadas en un año distinto al de ingreso a la Universidad. Solo se consideró en el resultado académico de estudiantes que cursaron por primera vez cada asignatura.

Las variables consideradas, en cuanto a los Criterios de Selección a la Universidad, son: Resultados de las Pruebas de Acceso a la educación universitaria Lenguaje y Comunicación, Matemática y Ciencias, NEM, RN y puntaje ponderado de ingreso a la Universidad. La variable Rendimiento Académico de cada estudiante se evaluó desde dos perspectivas, en primer lugar, por el promedio final de notas obtenido por cada estudiante en las asignaturas de primer semestre del primer año de la carrera en el área de las ciencias (Matemática I, Anatomía, Química general y Biología humana) y, por otra parte, según el número de asignaturas aprobadas en el primer semestre.

La información de las variables se extrajo de la base de datos disponible en el perfil de la Jefatura de Carrera, la cual contiene información de admisión de los estudiantes, y de la base de datos de Registraduría, donde constan los resultados académicos de los estudiantes. El acceso a la información fue autorizado por la Vicerrectoría Académica de la Universidad.

Los registros fueron codificados para resguardar la confidencialidad de los estudiantes. Posteriormente, la información fue organizada a través del programa GraphPad Prism versión 10.0.2 (GraphPad Software, Boston, Massachusetts USA), se realizó un análisis exploratorio de los datos, según los resultados de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro Wilk, se aplicó estadística descriptiva (media y desviación estándar o mediana y rango intercuartil) y estadística analítica (correlación de Spearman), para determinar asociación entre el Rendimiento Académico en cada asignatura considerada y los Criterios de

Selección, así como prueba T de Student o U de Mann Whitney M-W y ANOVA de una vía o Kruskal-Wallis K-W para la comparación de las variables según el número de grupos a comparar. Se consideró intervalos de confianza del 95% para el reporte de resultados y un nivel de significancia de  $p < 0,05$  para las pruebas estadísticas aplicadas.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La presente investigación ha explorado en profundidad la relación entre los Criterios de Selección universitaria y el Rendimiento Académico de los estudiantes de primer año en la carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica, con un enfoque específico en las asignaturas del área de ciencias en el primer semestre. Los resultados obtenidos dan cuenta de las complejas interacciones entre los Criterios de Selección, las características individuales de los estudiantes y los resultados académicos iniciales.

#### 3.1 Descripción general de la muestra

Se contó con la información de 286 estudiantes para el periodo evaluado. En términos demográficos, según se indica en la Tabla 1, se determinó que existe un leve predominio del género femenino en el ingreso a la Carrera (52,8%). Los resultados anteriores concuerdan tanto con investigaciones publicadas que han identificado una mayor presencia de estudiantes de género femenino en la educación superior chilena [15], [16], como con la realidad nacional, de acuerdo con los datos publicados por el Ministerio de Educación de Chile [17].

**Tabla 1.** Descripción de la muestra de estudiantes de primer año de la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica de la Universidad de Tarapacá, según año de ingreso

Año	Género		Colegio de origen				Prueba de Acceso
	Masculino	Femenino	Municipal	Particular subvencionado	Particular pagado	Otro	
2015	13	17	11	17	2	0	PSU
2016	21	14	11	22	2	0	PSU
2017	17	17	7	26	1	0	PSU
2018	13	18	8	20	3	0	PSU
2019	13	19	9	21	1	1	PSU
2020	18	25	9	27	3	4	PSU
2021	21	25	13	22	4	7	PSU
2022	19	16	13	21	1	0	PDT
Total	135	151	17	176	81	12	

PSU: prueba de selección universitaria; PDT: prueba de transición.

Por otra parte, en cuanto al tipo de colegio de origen, el mayor porcentaje de estudiantes provenía de colegios particulares subvencionados (61,5%), seguidos por aquellos provenientes de colegios municipales (28,3%) y, en menor medida, de colegios particulares (5,9%) (Tabla 1). Las proporciones observadas para este criterio en nuestro estudio son similares a las reportadas para la Universidad en su totalidad, dando cuenta tanto de la realidad regional [17] como nacional [18].

La distribución de los Criterios de Selección al desagregar según las variables asociadas al perfil de ingreso de los estudiantes, género y colegio de origen, según se presenta en la Tabla 2. De acuerdo con los resultados previos, se observa que, dentro de los Criterios de Selección, el género masculino presentó resultados significativamente mayores para el Resultado de la Prueba de Acceso de Ciencias (prueba T,  $p = 0,0020$ ); mientras que, para el NEM y RN, fue el género femenino el que obtuvo mejores resultados de ingreso (M-W;  $p = 0,0023$  y  $p = 0,0409$ ), respectivamente.

Según el tipo de dependencia del colegio de los estudiantes que ingresaron a la Carrera, los mejores resultados, en términos de los Resultados de las Pruebas de Acceso, se presentaron en colegios particulares pagados, respecto de los particulares subvencionados y municipales, lo cual se corroboró por medio de pruebas post-hoc ( $p < 0,05$ ). Esta situación da cuenta de una brecha existente en la formación de los estudiantes secundarios y su desempeño al rendir las evaluaciones estandarizadas de acceso a la educación

superior, así como a la presencia de un factor socioeconómico relacionado con la capacidad de pago de los estudiantes por pertenecer a determinado tipo de colegio, lo cual, de acuerdo con lo planteado por otros autores, podría explicar esta tendencia en los resultados observados [19].

**Tabla 2.** Distribución de los Criterios de Selección universitarios según género y colegio de procedencia de los estudiantes de primer año de la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica en el periodo 2015 – 2022. De acuerdo con la normalidad de cada variable, los resultados se expresan como promedio  $\pm$  desviación estándar (intervalo de confianza del 95% de la media) o mediana (rango intercuartílico) (intervalo de confianza del 95% de la mediana)

Criterio de Selección	Género		Colegio de origen		
	Masculino	Femenino	Municipal	Particular subvencionado	Particular pagado
RPA Lenguaje y Comunicación	587,8 $\pm$ 73,8 (575,1 – 600,5)	572,1 $\pm$ 69,6 (560,7 – 583,5)	569,7 $\pm$ 84,3 <sup>a</sup> (550,9 – 588,6)	580,4 $\pm$ 64,3 <sup>b</sup> (570,8 – 590,0)	627,4 $\pm$ 70,0 <sup>a,b</sup> (591,4 – 663,4)
RPA Matemática	592,1 $\pm$ 57,0 (582,3 – 601,9)	589 (310,0) (581,0 – 597,0)	578,3 $\pm$ 51,1 <sup>a</sup> (566,9 – 589,7)	590,2 $\pm$ 54,0 <sup>b</sup> (582,1 – 598,2)	633,7 $\pm$ 63,9 <sup>a,b</sup> (600,9 – 666,5)
RPA Ciencias	592,9 $\pm$ 66,2 <sup>A</sup> (581,5 – 604,3)	567,8 $\pm$ 66,9 <sup>A</sup> (556,8 – 578,8)	568,4 $\pm$ 63,9 <sup>a</sup> (554,1 – 582,7)	581,1 $\pm$ 60,8 <sup>b</sup> (572,0 – 590,2)	655,2 $\pm$ 75,3 <sup>a,b</sup> (616,5 – 694,0)
NEM	6,43 (1,72) <sup>B</sup> (6,38 – 6,48)	6,53 (1,11) <sup>B</sup> (6,48 – 6,58)	6,45 $\pm$ 0,25 (6,39 – 6,50)	6,48 (1,74) (6,43 – 6,54)	6,45 (1,20) (6,28 – 6,53)
Ranking	743,7 $\pm$ 72,3 <sup>C</sup> (731,3 – 756,2)	773,0 (259,0) <sup>C</sup> (755,0 – 785,0)	753,4 $\pm$ 62,8 (739,3 – 767,4)	767,0 (393,0) <sup>a</sup> (756,0 – 781,0)	731,0 (273,0) <sup>a</sup> (669,0 – 755,0)
Puntaje ponderado de ingreso	666,3 (269,1) (657,7 – 676,0)	666,5 $\pm$ 42,1 (659,6 – 673,4)	660,7 $\pm$ 45,3 (650,3 – 671,2)	667,6 (289,0) (658,7 – 676,7)	667,8 (246,2) (644,2 – 691,6)

RPA, resultado de la prueba de admisión; NEM, notas de enseñanza media.

Las letras mayúsculas A, B, C representan una diferencia significativa entre variables de cada fila según género ( $p < 0,05$ ).

Las letras minúsculas a, b representan una diferencia significativa entre variables de cada fila según tipo de colegio ( $p < 0,05$ ).

Por otra parte, la distribución de los resultados académicos en las asignaturas de primer semestre analizadas, de acuerdo con el género y colegio de origen de los estudiantes que ingresaron a la Carrera en el periodo 2015 – 2022, se resume en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Distribución de los resultados académicos obtenidos por los estudiantes de primer año de la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica. De acuerdo con la normalidad de cada variable, los resultados se expresan como promedio  $\pm$  desviación estándar (intervalo de confianza del 95% de la media) o mediana (rango intercuartílico) (intervalo de confianza del 95% de la mediana)

Asignatura	Género		Colegio de origen		
	Masculino	Femenino	Municipal	Particular subvencionado	Particular pagado
Matemática I	5,15 $\pm$ 1,02 (4,98 – 5,33)	5,40 (5,40) (5,10 – 5,60)	5,40 (4,80) (4,90 – 5,80)	5,20 (5,50) (5,00 – 5,40)	5,51 $\pm$ 1,08 (4,95 – 6,06)
Anatomía	4,80 (5,20) (4,60 – 5,00)	4,91 $\pm$ 0,96 (4,75 – 5,06)	4,68 $\pm$ 1,06 (4,44 – 4,92)	4,90 (5,00) (4,60 – 5,10)	5,04 $\pm$ 1,02 (4,51 – 5,56)
Química general	4,94 $\pm$ 0,81 (4,80 – 5,08)	4,93 $\pm$ 0,86 (4,79 – 5,07)	4,74 $\pm$ 0,88 (4,54 – 4,94)	5,00 (4,80) (6,80 – 4,80)	5,21 $\pm$ 0,77 (4,80 – 5,62)
Biología humana	5,40 (4,50) (5,20 – 5,50)	5,40 (4,60) (5,20 – 5,50)	5,05 $\pm$ 0,74 <sup>a</sup> (4,88 – 5,22)	5,40 (4,50) <sup>a</sup> (5,30 – 5,60)	5,60 (3,00) (5,20 – 6,10)

<sup>a</sup> Diferencia significativa entre variables ( $p < 0,05$ )

De acuerdo con los resultados previos, se evidencia que el género no tuvo una influencia significativa en las calificaciones obtenidas para las asignaturas del área científica consideradas en el presente trabajo ( $p < 0,05$ ), observándose resultados ligeramente superiores para el género femenino en Matemática I y Anatomía, mientras que en Química general y Biología humana la diferencia es marginal. Lo cual es favorable desde el punto de vista de da cuenta de que, para el contexto y las asignaturas en estudio, no se evidencian brechas de género en cuanto al Rendimiento Académico durante el primer semestre de la Carrera.

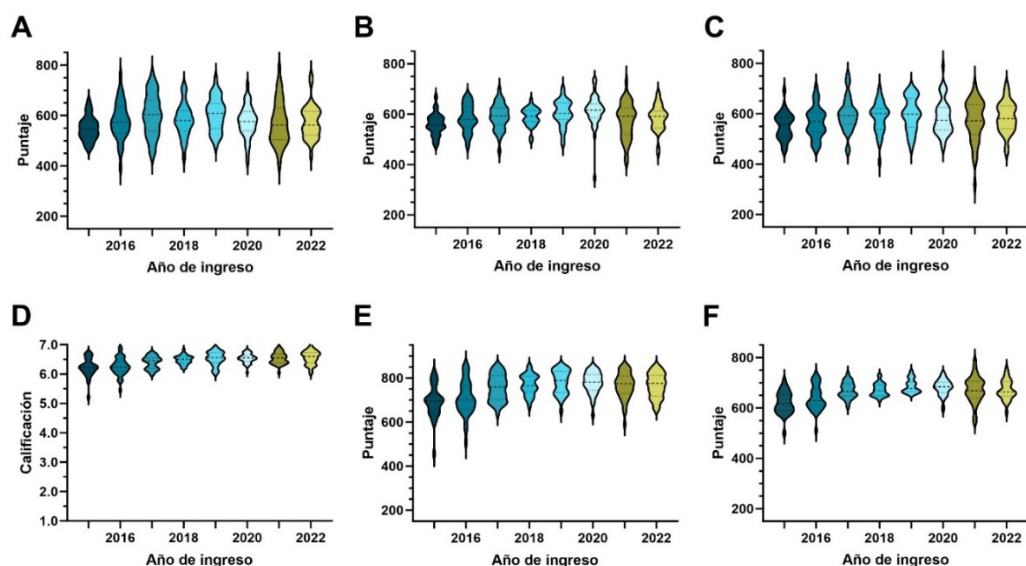
No obstante, existen trabajos que han generado conclusiones contradictorias respecto de la influencia del género en el Rendimiento Académico, con un predominio de estudios en favor de los resultados obtenidos por el género femenino, lo cual se ha relacionado con el tipo de actividades académicas a realizar.

Adicionalmente, se ha identificado como posible fuente de diferencias entre género masculino y femenino el nivel de habilidades blandas ligadas a la socialización, así como la actitud frente a las tareas a realizar [20]–[22].

Respecto de las calificaciones obtenidas en las asignaturas evaluadas al desagregar los resultados según el tipo de colegio de origen de los estudiantes, se observó una tendencia de los estudiantes de colegios particulares pagados a tener mayores promedios de calificaciones que aquellos provenientes de colegios particulares subvencionados y municipales, no obstante, estas diferencias no tuvieron significancia estadística. Lo anteriormente expuesto es coherente con lo publicado por Catalán y Santelices en 2014, quienes observaron esta misma tendencia para una Universidad estatal de la capital de Chile [23].

### 3.2 Evolución de los criterios de selección universitarios

La Figura 1 presenta secuencialmente el comportamiento en el tiempo de los Criterios de Selección universitarios, considerando los Resultados de Prueba de Acceso de Lenguaje, Matemática y Ciencias, así como el NEM y ranking de egreso; a modo de resumen del proceso de selección, se incluye el puntaje ponderado de acceso a la Carrera dentro del periodo en estudio para cada proceso de admisión. Los resultados previos muestran una tendencia al alza en los valores de los Criterios de Selección (NEM, RN y Resultados de las Pruebas de Acceso) en los últimos años, lo que sugiere una mayor preparación de los estudiantes para enfrentar el proceso de admisión a la educación superior universitaria.

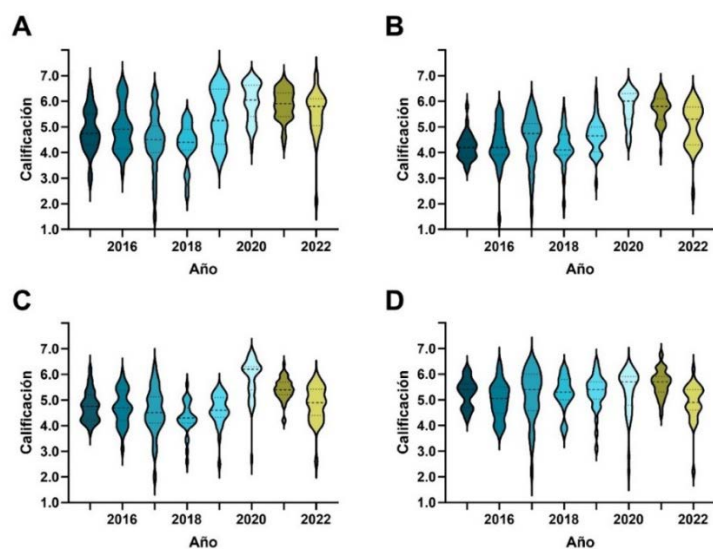


**Figura 1.** Comportamiento en el tiempo para los Criterios de Selección empleados la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica. Puntajes obtenidos: (A) Prueba de Lenguaje y Comunicación; (B) Prueba de Matemática; (C) Prueba de Ciencias; (D) Notas de enseñanza media; (E) Ranking y (F) Puntaje ponderado de ingreso a la Carrera

### 3.3 Resultados académicos

La educación superior en Chile ha sido objeto de múltiples estudios e investigaciones en los últimos años, especialmente en relación con la selección de estudiantes y su Rendimiento Académico. En este sentido el sistema de calificaciones nacional considera una escala de evaluación comprendida entre 1,0 y 7,0; donde la nota 4,0 es el punto de corte para considerar la aprobación de una asignatura. En ese sentido, las calificaciones obtenidas en las asignaturas de Matemática I, Anatomía y Química general permiten, en términos generales, observar una tendencia constante en el periodo 2015 a 2019.

Sin embargo, destaca un aumento en la media de las calificaciones registradas durante el período de enseñanza remota de emergencia motivada por la pandemia de COVID-19 (2020 y 2021), seguido por un declive en 2022 con la reanudación de las actividades presenciales (Figura 2). Las diferencias en el promedio de calificaciones de los estudiantes entre cada periodo presentan una significancia estadística según los resultados obtenidos en la prueba de Kruskal-Wallis ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 2.** Resultados académicos para las asignaturas del área científica realizadas durante el primer semestre de cada año académico en la Carrera de Tecnología Médica en imagenología y Física Médica, en el periodo 2015 – 2022. (A) Matemática I; (B) Anatomía; (C) Química general y (D) Biología humana

Esta dinámica ha sido identificada por otros investigadores, que evaluaron la influencia de la modalidad de evaluación en las calificaciones de los estudiantes en la asignatura de anatomía en una Carrera del ámbito de las Ciencias de la Salud. En este análisis, se detectó una tendencia al alza en los promedios bajo la modalidad de enseñanza remota de emergencia (2020–2021) en contraste con la modalidad presencial (2019–2020) [24]. De forma similar en [25] se destaca un aumento tanto en las calificaciones de los estudiantes como en el porcentaje de aprobación en la asignatura de Física Aplicada lo cual se atribuyó a la modificación en el sistema de evaluación, así como al mayor interés declarado por los estudiantes en el contexto remoto. En ese sentido, también se ha de considerar la potencial influencia de la mayor facilidad para cometer fraude en la enseñanza remota de emergencia [24].

En relación con la asignatura de Biología humana, se constató una constante estabilidad en el promedio de calificaciones a lo largo de todo el período estudiado (Figura 2D). Los hallazgos reportados concuerdan con una investigación anterior realizada en nuestra Carrera. Dicho estudio se centró en la asignatura de Protección Radiológica, estrechamente vinculada a la línea de formación científica de los estudiantes. En este análisis, se constató que no se presentaron cambios significativos en la mediana (rango intercuartil) general obtenida por los estudiantes en condiciones de enseñanza remota de emergencia (5,1 (1,1)), en comparación con la media registrada en la modalidad presencial de la asignatura (4,9 (1,3)). Estos resultados reflejan la pertinencia del diseño instruccional adoptado y la adecuada adaptación de las evaluaciones al entorno de enseñanza-aprendizaje de la asignatura [26].

### 3.4 Asociación entre criterios de selección y resultados académicos

Por otra parte, para valorar el grado de asociación entre los Criterios de Selección y las calificaciones obtenidas por cada cohorte en las asignaturas de Matemática I, Anatomía, Química general y Biología humana, se determinó el coeficiente de correlación de Spearman. Debido a las diferencias observadas los resultados académicos (Figura 2), el análisis se realizó en dos sub-periodos, uno previo a la pandemia por COVID-19 (2015–2019) y otro a partir de este hito (2020–2022), según se presenta en la Tabla 4.

De acuerdo con los Resultados de las Pruebas de Acceso, para el subperiodo 2015-2019, se observa que los Resultados de la Prueba de Acceso de Matemática ( $r = 0,3731-0,5563$ ) y Ciencias ( $r = 0,4526-0,5603$ ), son los Criterios de Selección que presentan los coeficientes de correlación más altos respecto de las calificaciones obtenidas durante las asignaturas realizadas en el primer semestre, lo que corresponde a correlaciones entre moderadas y fuertes (Tabla 4). Esto es consistente con los resultados de otros estudios en Chile, donde se ha encontrado que el puntaje de PSU de Ciencias tiene un mayor poder predictivo que el puntaje PSU de Lenguaje y Comunicación y el Ranking PSU [3, 27, [28].

**Tabla 4.** Coeficientes de correlación de Spearman entre los Criterios de Selección universitarios y los Resultados Académicos obtenidos por los estudiantes de primer año de la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica, para los sub-periodos 2015–2022 y 2020–2022

Sub-periodo	Asignatura	RPA Lenguaje y Comunicación	RPA Matemática	RPA Ciencias	NEM	Ranking	Puntaje ponderado de ingreso
2015-2019	Matemática I	0,2141*	0,5563*	0,4787*	0,2078**	0,1042	0,3856*
	Anatomía	0,3198*	0,3731*	0,4526*	0,1578*	0,1185	0,3558*
	Química general	0,3032*	0,4755*	0,5603*	0,1096	0,0363	0,3448*
	Biología humana	0,2627*	0,3764*	0,5449*	0,1919*	0,1075	0,3638*
2020-2022	Matemática I	0,1060	0,4558*	0,2771*	0,3596*	0,3108*	0,4410*
	Anatomía	0,1287	0,3327*	0,2410*	0,1445	0,2033*	0,3120*
	Química general	0,1188	0,3747*	0,2312*	0,2261*	0,2881*	0,3765*
	Biología humana	0,0062*	0,2654*	0,2943**	0,2216*	0,2115*	0,4036*

RPA, Resultado de Prueba de Acceso a la Universidad; NEM, notas de la enseñanza media.

\* Correlación significativa según valor de  $p < 0,05$ .

Según se muestra en la Tabla 4, en el periodo 2020-2022, el Resultado de la Prueba de Acceso de Matemática ( $r = 0,2654-0,4558$ ) y puntaje ponderado de ingreso ( $r = 0,3120-0,4410$ ), son los factores que presentan los mayores coeficientes de correlación con las calificaciones obtenidas durante las asignaturas de primer semestre, no obstante, representan correlaciones moderadas (Tabla 2). Los cambios en la correlación entre los restantes Criterios de Selección y los resultados académicos podrían asociarse al contexto social y sanitario en Chile, el cual alteró no solo el quehacer universitario, sino que también el periodo final de enseñanza media de los estudiantes.

El NEM es un criterio que traduce el promedio de las calificaciones obtenidas durante los cuatro años de enseñanza media, de modo que refleja la trayectoria de los estudiantes, por ello ha sido reconocido como un buen predictor del Rendimiento Estudiantil, lo cual ha sido reportado tanto en otra escuela de Tecnología Médica de Chile, para cohortes de estudiantes previas a las abordadas en el presente trabajo [29] y, en mayor medida, en la Carrera de Medicina [30, 31].

En el contexto internacional también existen evidencias al respecto, como es el caso del estudio [32], en la carrera de Medicina en la Universidad de Antioquia, Colombia, donde se reportó una relación significativa entre NEM y Rendimiento Académico. Estos últimos autores también evaluaron la influencia de la calificación de la asignatura de anatomía respecto de la calificación de la Carrera, lo cual podría ser una perspectiva interesante para efectuar un trabajo futuro que incluya el seguimiento de los estudiantes durante toda su trayectoria universitaria.

En contraste, de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 4, en el presente trabajo se evidenció que este factor presentó bajos niveles de correlación con los resultados académicos, con valores que fluctuaron entre 0,1096 y 0,2078 para el sub-periodo 2015–2019 y entre 0,1445 y 0,3596 en 2020–2022. En ese sentido, [33] sugieren que la influencia de esta variable se podría regular por medio de un ajuste periódico de las ponderaciones.

Nuestros resultados se alinean con lo descrito por [34], quienes evaluaron cuatro carreras Universitarias, determinando una asociación débil entre ambas variables, así como por lo señalado por [35] para la Carrera de Odontología. La discrepancia entre los resultados más recientes y la literatura reportada en años anteriores sugiere que existen cambios en las características de los actores relevantes, lo que involucra la necesidad de analizar los Criterios de Selección aplicados tradicionalmente y explorar factores adicionales que predigan en mayor medida el éxito académico de los estudiantes en su ingreso a la Universidad [36].

Por otra parte, el Ranking es un factor que guarda relación con la posición del estudiante dentro de su institución de enseñanza media, al compararlo con las generaciones anteriores de la misma, lo cual supone dificultades para efectuar comparaciones entre individuos de provenientes de diferentes colegios y de colegios con distinta dependencia [35].

En nuestro estudio el Ranking presentó relación positiva y débil con el Rendimiento Académico (Tabla 4), lo cual es consistente con otros reportes [27, 30-33]. Pese a esta situación, es relevante consignar que la

incorporación de esta variable obedeció a reducir la brecha socioeconómica, ya que asigna un puntaje el cual pone en contexto a cada estudiante, favoreciendo la diversidad de los estudiantes que acceden a la educación superior [37].

Finalmente, la Tabla 4 también nos muestra que el puntaje ponderado de acceso a la Universidad presentó un comportamiento estable en términos de su correlación con los resultados académicos de los estudiantes, con coeficientes entre 0,31 y 0,44 para las cuatro asignaturas analizadas, dando cuenta de correlaciones positivas y moderadas.

A través del presente estudio se determinó que los Criterios de Selección utilizados en el proceso de admisión de la Universidad de Tarapacá tienen una moderada asociación con el Rendimiento Académico de los estudiantes de primer año de la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica. Específicamente, se encontró que el Resultado de las Pruebas de Acceso de Matemática y el puntaje ponderado en la Prueba de Acceso a la universidad son las variables que, pese a las limitaciones antes expuestas, tienen una mayor capacidad para explicar los logros académicos en las materias evaluadas. En contraste, el Resultado de la Prueba de Acceso de Lenguaje y Comunicación, así como el NEM y el Ranking PSU, presentan un poder predictivo más limitado. No obstante, es esencial resaltar que estos hallazgos podrían variar en función de las características particulares de cada sistema de admisión y las particularidades de cada programa universitario.

En comparación con otros estudios realizados en América Latina, se puede observar una cierta consistencia en los resultados obtenidos, en cuanto a la relación entre los Criterios de Selección y el Rendimiento Académico de los estudiantes universitarios. Sin embargo, es importante destacar que cada sistema de admisión universitaria tiene sus particularidades y que los resultados pueden variar en función de las características específicas de cada contexto. En este sentido, es necesario seguir investigando y evaluando la relación entre los Criterios de Selección y el Rendimiento Académico en diferentes carreras y en diferentes contextos educativos.

Como reflexión final, es importante tener en cuenta que, en Chile, el proceso de selección para la educación superior ha sido objeto de discusión y cambio en los últimos años. Desde 2003 hasta el 2020 se utilizó la PSU como herramienta principal para la admisión a la educación superior. Sin embargo, la PSU fue cuestionada por su enfoque en la memorización y la falta de consideración de habilidades y aptitudes que no son evaluadas en el examen, las cuales tienen especial impacto en el desempeño de los estudiantes en el contexto universitario.

A raíz de lo anterior, en 2021 se implementó un nuevo método de selección, la PDT, que tiene como objetivo evaluar habilidades y competencias más allá de la memoria y el conocimiento adquirido. La PDT consta de dos pruebas obligatorias: una de Matemática y una de Lenguaje y Comunicación, y dos pruebas electivas: una de Ciencias y una de Historia, Geografía y Ciencias Sociales. Además, se incorporó una prueba optativa de Habilidad Específica para carreras que la requieren.

A diferencia de la PSU, la PDT busca evaluar habilidades y competencias más allá del conocimiento adquirido, lo que puede ser beneficioso para estudiantes con habilidades y aptitudes diversas. Sin embargo, aún es pronto para determinar si la PDT será efectiva en mejorar la equidad y la inclusión en el acceso a la educación superior, especialmente porque a partir de noviembre de 2022, se comenzó a aplicar un nuevo instrumento denominado Prueba de Acceso a la Educación Superior PAES.

Es importante tener en cuenta que las pruebas de acceso a la universidad son herramientas de selección, y que la admisión a la educación superior debería ser evaluada en un contexto más amplio que los criterios usados actualmente, incorporando aspectos como los intereses y aptitudes personales de los estudiantes.

#### **4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

En cuanto a las limitaciones del presente estudio, cabe destacar que solo se evaluó el Rendimiento Académico en las asignaturas del área de las ciencias del primer semestre universitario, por lo que no se



consideraron asignaturas de otras áreas presentes en el primer semestre de la Carrera. Además, la muestra de estudiantes evaluados corresponde a una Carrera específica dentro de una institución pública y regional de Chile, por lo que se requieren estudios a nivel nacional para obtener resultados que den cuenta de la realidad global del sistema educacional de enseñanza superior chileno y permitan ofrecer conclusiones más definitivas respecto de la pertinencia de los Criterios de Selección evaluados. Finalmente, aunque se evaluó la asociación entre los Criterios de Selección en el Rendimiento Académico de los estudiantes de primer año, no se analizaron factores con potencial efecto en esta variable, como aspectos socioeconómicos, asimismo se pudo considerar el efecto de los Criterios de Selección en otros desenlaces como la deserción o el Rendimiento estudiantil a largo plazo.

Finalmente, es importante considerar que nuestro estudio abarcó cohortes de estudiantes que rindieron como instrumento de acceso a la universidad la PSU o la PDT. No se consideraron resultados de 2023, debido a que en la actualidad el sistema de admisión consideró un nuevo instrumento denominado Prueba de Acceso a la Educación Superior PAES el cual difiere de sus predecesoras en la escala de puntajes empleada y, además, en el hecho de que en los últimos procesos de admisión los estudiantes que han realizado más de una prueba han tenido la opción de seleccionar los mejores puntajes obtenidos en cada área temática, entre las pruebas rendidas. Esto implica que los puntajes de la PDT de invierno 2022, el PAES Regular 2022, el PAES de invierno 2023 y el PAES Regular 2023 podrán ser combinados para determinar la selección de los estudiantes. Por ello, considerar esta información significaría un sesgo para los resultados del presente trabajo.

## 5. CONCLUSIONES

El estudio llevado a cabo en la Universidad de Tarapacá destaca que el Resultado de la Prueba de Acceso de Matemática, seguido por el puntaje ponderado de ingreso a la educación superior, son las variables que ofrecen una explicación más sólida y coherente del Rendimiento Académico en las asignaturas del área de ciencias durante el primer semestre de la Carrera de Tecnología Médica en Imagenología y Física Médica en el período de 2015 a 2022.

Además, la evaluación de los datos reveló que hasta 2019, el Resultado de la Prueba de Acceso de Ciencias también se presentaba como un indicador prometedor del desempeño estudiantil, aunque su capacidad predictiva declinó a partir de ese momento. Por otro lado, los restantes Criterios de Selección (Resultado de la Prueba de Acceso de Lenguaje y Comunicación y NEM) mostraron una influencia limitada en este contexto.

Estos resultados resaltan la importancia de una revisión y actualización periódica de los Criterios de Selección utilizados en el proceso de admisión universitaria, para lo cual es esencial la importancia de la colaboración entre instituciones educativas y los responsables de la formulación de políticas a nivel gubernamental. Esto permitiría prever con mayor certeza el éxito académico de los estudiantes y, en consecuencia, tomar decisiones informadas para optimizar los procedimientos de admisión.

Adicionalmente, esta evidencia respalda la implementación de programas de apoyo dirigidos a estudiantes con mayores posibilidades de enfrentar dificultades académicas, basándose en la predicción de su Rendimiento como una herramienta de alerta temprana. Es fundamental considerar que, junto con los puntajes obtenidos en pruebas estandarizadas, otros factores contextualizadores, como el entorno socioeconómico y cultural de los estudiantes, pueden desempeñar un papel influyente en su Rendimiento Académico.

### Reconocimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría Académica y a la Oficina de Admisión de la Universidad de Tarapacá, por su colaboración para el acceso a los datos utilizados en el presente estudio. Dos de los autores (D.N. y M.A.) agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad de Tarapacá por su apoyo financiero a través del proyecto Mayor de Investigación Científica y Tecnológica UTA Mayor N°7726-22.

## REFERENCIAS

- [1] Consejo Nacional de Educación. (2022). INDICES Bases de datos. Recuperado: <https://www.cned.cl/bases-de-datos>
- [2] Pérez C. et al. (2011). Prueba de Selección Universitaria, rendimiento en enseñanza media y variables cognitivo-actitudinales de estudiantes de Medicina. *Revista de Educación en Ciencias de la Salud* 8(2), 5-15.
- [3] Grob M. et al. (2015). Relación entre puntaje de prueba de selección universitaria y nota enseñanza media, y el rendimiento académico de la asignatura de morfología en estudiantes de primer año de Odontología de la Universidad de Los Andes. *International Journal of Morphology* 33(2), 527-531.
- [4] Ministerio de Educación. (2020). Resolución 2808 Exenta 22-jul-2020. Biblioteca del Congreso Nacional.
- [5] Ministerio de Educación. (2019). ¿Qué sabemos sobre admisión a la Educación Superior? Una revisión para implementación del nuevo Sistema de Acceso en Chile.
- [6] Juarros M. (2006). ¿Educación superior como derecho o como privilegio? Las políticas de admisión a la universidad en el contexto de los países de la región. *Revista de Investigación Social* 3(5), 69-90.
- [7] Ting S. (2001). Predicting academic success of first-year engineering students from standardized test scores and psychosocial variables. *The International journal of engineering education* 17, 75-80.
- [8] Tapasco O. et al. (2021). El historial académico de secundaria como factor predictor del rendimiento universitario. Caso de estudio. *Revista Colombiana de Educación* 1(81), 148-169.
- [9] Esteban M. et al. (2017). Variables influyentes en progreso académico y permanencia en la universidad. *European Journal of Education and Psychology* 10(2), 75-81.
- [10] Gallardo F. et al. (). Prueba de selectividad universitaria y su relación con el rendimiento académico en Formación Inicial del Profesorado en Educación Física. *Revista de estudios y experiencias en educación* 21(45), 352-364.
- [11] Rendimiento D. et al. (2002). Validación de características al ingreso como predictores del rendimiento académico en la carrera de medicina. *Educación Médica Superior* 16(1), 1-2.
- [12] Universidad de Tarapacá. (2019). Tecnología Médica / Imagenología y Física Médica. Criterios de admisión.
- [13] Planck U. (2014). Factores determinantes del rendimiento académico de los estudiantes de la Universidad de Atacama. *Estudios Pedagógicos* 40(1), 25-39.
- [14] Esperanza S. y Mora S. (2021). Factores asociados a la calidad del rendimiento académico de estudiantes en la educación superior. *Revista Ciencias de la Salud y Educación Médica* 3(3).
- [15] INEC-ESPAC. (2019). Principales Resultados ESPAC. INEC.
- [16] Duarte C. and Rodríguez V. (2019). Políticas de igualdad de género en la educación superior chilena. *Revista Rumbos* 19, 41-72.
- [17] Universidad de Tarapacá. (2022). Cuenta Pública 2022 – Calidad Institucional UTA.
- [18] DEMRE. (2016). Estadísticas - Compendio Estadístico Proceso 2016. Chile.
- [19] Rodríguez C. y Castillo V. (2015). Nivel de logro PSU: Lo que devela el puntaje corregido en las Pruebas de Admisión Universitaria en Chile. *Propuesta educativa* 44, 89-100.
- [20] Tejedor F. (2003). Poder explicativo de algunos determinantes del rendimiento en los estudios universitarios. *Revista española de pedagogía* 61(224), 5-32.
- [21] Gordon K. y Austin J. (2002). The relationship of gender and academic performance to motivation: Within-ethnic-group variations. *Urban Review* 34(4), 293-316.
- [22] Pérez M. et al. (2014). El género como variable moderadora de los resultados académicos en la enseñanza universitaria. *Regional and sectoral economic studies* 14(3), 55-64.
- [23] Catalán X. y Santelices M. (2014). Rendimiento académico de estudiantes de distinto nivel socioeconómico en universidades: El caso de la Pontificia Universidad Católica de Chile. *Calidad en la educación* 40, 21-52.
- [24] Pérez R. et al. (2021). Evaluación presencial frente evaluación online: Resultados académicos del alumnado en ciencias de la salud. *Redes-I3CE*.
- [25] Lull C. et al. (2021). La docencia en Física Aplicada antes y durante la pandemia COVID-19: Cambios metodológicos y de evaluación. *Redes-Innovaestic*, 305-317.
- [26] Nocetti D. y Villalobos S. (2023). Instructional design effectiveness in emergency remote teaching of radiation protection and dosimetry. *J. health med. Sci.* 9(2), 41-52.
- [27] Curtis D. (2007). Correlation of admissions criteria with academic performance in dental students. *J. Dent. Educ.* 71(10), 1314-21.
- [28] Zúñiga D. et al (2009). Modelos de predicción del rendimiento académico de los estudiantes de medicina en el ciclo básico y preclínico: Un estudio longitudinal. *Rev. Med. Chil.* 137(10), 1291-1300.
- [29] Rocha F. et al (2009). Perfil de ingreso de los estudiantes de la carrera de Tecnología Médica de la Universidad de Concepción (cohortes 2006 al 2008). Determinación de variables predictivas del rendimiento académico en asignaturas de ciencias. *Revista de Educación en Ciencias de la Salud* 6(1), 28-33.
- [30] González C. et al (2007). Factores predictores del rendimiento académico en estudiantes de Medicina de la Universidad de Chile. *Rev. Med. Chil.* 135(11), 1432-1440.
- [31] Salas L. et al (2009). Relación entre factores de selección y el rendimiento académico en la carrera de Medicina de la Universidad de Chile. *Rev. Med. Chil.* 137(5), 627-633.

- [32] Páez M. et al (2000). Factores de selección y rendimiento académico en estudiantes de medicina. Investigación en Educación Médica.
- [33] Vergara G. y Peredo H. (2017). Relación del desempeño académico de estudiantes de primer año de universidad en Chile y los instrumentos de selección para su ingreso. Revista Educación 41(2).
- [34] Palominos F. et al. (2018). Relación entre los Procedimientos de Selección a la Educación Superior y el Desempeño Académico de los Estudiantes con base en una Clasificación mediante Conjuntos Difusos. Formación Universitaria 11(1), 45-52.
- [35] Contreras J. et al. (2020). Relación entre perfil de ingreso y rendimiento académico línea curricular morfofunción. International journal of odontostomatology 14(3), 417-423.
- [36] Medina A. y Flores M. (). ¿Predicen los requisitos de ingreso a odontología el rendimiento académico durante primer año? Journal of Oral Research 1(1), 15-18.
- [37] Santelices V. (2015). Consideraciones de equidad en la admisión universitaria a través del ranking de educación media. Teorías de acción, implementación y resultados. Recuperado: <http://bibliotecadigital.mineduc.cl/handle/20.500.12365/18572>

# El sistema Educativo Intercultural Bilingüe: Una utopía para los Centros Educativos Comunitarios Interculturales Bilingües CECIB del distrito 15D01 de Tena, Ecuador

Anabel del Cisne Luna Quito<sup>1</sup>

Alison Torres Jamilet Ramírez<sup>2</sup>

Carlos Vicente Llerena Aguilar<sup>3</sup>

Pedro Daniel Cadena Nogales<sup>4</sup>

*Universidad Regional Amazónica Ikiam, Ecuador*

Ecuador es un país multilingüe y plurinacional que cuenta con 14 nacionalidades distribuidas entre Costa, Sierra y Amazonía. La educación de los pueblos y nacionalidades está respaldada a través de la Constitución de la República, que declara que el Estado garantizará la libertad de enseñanza y el derecho de las personas de aprender en su propia lengua y ámbito cultural. La región amazónica cuenta con la mayor variabilidad de pueblos y nacionalidades, convirtiéndose en un espacio de diversificación de la educación arraigado por la lengua y la cultura. La Constitución, a través de la Secretaría de Educación Intercultural Bilingüe y la Etnoeducación SEIBE, establece la implementación del sistema de educación de los pueblos y las nacionalidades en todos los niveles y modalidades. Luego de realizar las prácticas pre-profesionales en centros de educación Intercultural Bilingüe, pertenecientes a la región amazónica, los futuros profesores aún se cuestionan si educar en la diversidad sigue siendo una utopía en los pueblos originarios. Los argumentos que se detallan a lo largo de este capítulo tienen una visión reflexiva y fueron recogidos mediante entrevistas a profesores con más de 10 años de experiencia en el Sistema Intercultural Bilingüe. Asimismo, se exponen varias opiniones, reflexiones y desafíos en este contexto educativo, producto de las entrevistas y las experiencias en territorio.

---

<sup>1</sup> Estudiante de Educación en ciencias experimentales. Contacto: [anabel.luna@est.ikiam.edu.ec](mailto:anabel.luna@est.ikiam.edu.ec)

<sup>2</sup> Estudiante de Educación en ciencias experimentales. Contacto: [alison.torres@est.ikiam.edu.ec](mailto:alison.torres@est.ikiam.edu.ec)

<sup>3</sup> Magíster en Enseñanza de la Matemática. Contacto: [carlos.llerena@ikiam.edu.ec](mailto:carlos.llerena@ikiam.edu.ec)

<sup>4</sup> Magíster en Investigación en Didácticas Específicas. Contacto: [pedro.cadena@ikiam.edu.ec](mailto:pedro.cadena@ikiam.edu.ec)

## 1. INTRODUCCIÓN

La educación refiere a un proceso de formación, donde cada individuo adquiere habilidades y destrezas que contribuirán al desarrollo personal, así como también a la construcción de su perfil profesional y a futuro un aporte a la sociedad como individuo natural. Además, así como lo mencionan Díaz y Alemán [1], la educación es un factor importante para la construcción de una sociedad proactiva y económicamente productiva, además Paulo Freire sostiene que la educación no se trata simplemente de depositar conocimiento en los estudiantes, sino más bien de establecer un diálogo colaborativo que fomente el pensamiento crítico y la conciencia social en el proceso de descubrimiento [2], por ello la educación debe estar fuertemente marcada con estos principios generando un aporte significativo a la sociedad buscando disminuir las brechas sociales actualmente existentes.

En este contexto, se puede afirmar que la educación desempeña un papel fundamental en el desarrollo tanto individual como colectivo de una sociedad. Por ello, resulta imperativo fortalecer los cimientos esenciales que sostienen los principios educativos. Un factor significativo en este proceso es la influencia directa de la familia. Como lo subraya Rojas [15], la participación activa de los padres de familia o representantes legales resulta crucial en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje.

Cuando los progenitores se involucran activamente en la educación de sus hijos, los resultados académicos de los estudiantes tienden a ser mucho más satisfactorios en comparación con aquellos que carecen este tipo de apoyo, Por lo tanto, la colaboración conjunta de tres agentes principales: padres de familia, profesores y estudiantes, emerge como un componente esencial para llevar a cabo un proceso educativo genuinamente significativo.

Asimismo, es importante tener en cuenta que, además de la participación activa de los tres agentes antes mencionados, los recursos y el material didáctico también son componentes esenciales para una educación significativa. Según las investigaciones de Orozco y Gallego [16], la utilización de material didáctico en el aula estimula de manera efectiva a los estudiantes, lo que conduce a una comprensión más sólida y a la construcción de conocimiento. Además, la versatilidad de estos recursos permite su implementación en una amplia variedad de áreas, lo que los convierte en herramientas valiosas en cualquier contexto educativo.

Por último, es evidente que la construcción de un proceso educativo sólido requiere la consideración de diversos factores que inciden directamente en la educación.

En términos generales, la colaboración y participación conjunta de todos estos agentes es fundamental para lograr un proceso de enseñanza-aprendizaje exitoso. Además, en la actualidad se dispone de una amplia gama de herramientas pedagógicas tanto para profesores como para estudiantes, diseñadas para adaptarse a cualquier modalidad de estudio.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Educación Intercultural Bilingüe en el mundo

La educación intercultural bilingüe EIB, como enfoque pedagógico que valora y respeta la diversidad cultural y lingüística de las comunidades, ha cobrado creciente relevancia a nivel mundial en las últimas décadas. A medida que las sociedades se vuelven más globalizadas, se reconoce la importancia de preservar y promover las lenguas y culturas autóctonas, al mismo tiempo que se fomenta la convivencia armónica entre diferentes grupos étnicos. Como lo señala el informe de la UNESCO sobre Educación para Todos EPT *la educación intercultural bilingüe promueve la equidad en la educación al dar a los niños indígenas y minoritarios la oportunidad de recibir instrucción en su lengua materna y familiarizarse con la cultura dominante y otras culturas* [3].

Al mismo tiempo la UNESCO establece que debe existir una educación que sea inclusiva para todos los niños, jóvenes y adultos, por lo tanto, se deben preparar estudiantes que deban convivir y vivir de los diversos entornos que existen. Así menciona González [13] que la diversidad es un eje que se encuentra en

nuestra sociedad por ende los jóvenes que están en formación deben convivir de aquello, en diversas ocasiones las diferencias que existen en las diversas escuelas ayudan a establecer una justificación de la exclusión que existen en la educación, en especial las que llevan culturas ancestrales y hablan un lenguaje diferente al nuestro.

Por otro lado cuando se habla de educación intercultural bilingüe se habla de la oportunidad de garantizar un aprendizaje significativo y la construcción de identidad en un contexto educativo y con ello una sociedad diversa y multicultural, al igual que Guzmán [14], se requiere desarrollar valores con los cuales los jóvenes puedan construir proyectos de vida personales y cumplir roles socio culturales de acuerdo a la necesidad de transformar una educación apropiada para los diversos espacios y entornos para así lograr un cambio favorable en sus comunidades.

Sin embargo la Educación Intercultural Bilingüe ha desarrollado diversas acciones con las cuales a promocionado las diversas culturas y lenguas ejes que se encuentran a nivel mundial, pero en el área de educación se ha venido incorporando nuevas sugerencias para mejorar este sistema, haciendo investigaciones para incluir en el currículum, realizando diversas planificaciones y sumando diferentes herramientas didácticas para el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo tanto la UNESCO ha manifestado que este sistema educativo es un reto para proporcionar educación de calidad para todos.

## **2.2 Educación Intercultural Bilingüe en América Latina**

La Educación Intercultural Bilingüe en los sistemas educativos de América Latina ha demostrado una serie de logros notables y beneficios significativos [4, 5]. Esta modalidad educativa ha contribuido sustancialmente a la disminución de la repitencia escolar y al aumento de la duración de la escolarización, especialmente en el caso de las niñas, lo que ha resultado en una mayor igualdad de género en la educación. Además, ha desempeñado un papel crucial en la elevación de la autoestima de los estudiantes y en la generación de dinamismo en las comunidades.

Sin embargo, es importante señalar que, a pesar de estos avances, persisten desafíos considerables en la implementación práctica de la Educación Intercultural Bilingüe en la región. A menudo, existe una brecha entre la teoría y la ejecución efectiva en el aula. Si bien los modelos pedagógicos y las filosofías interculturales han demostrado su legitimidad, la traducción de estos conceptos en una práctica educativa concreta puede ser un proceso complejo. La falta de recursos económicos y el acceso limitado a materiales educativos apropiados también plantean obstáculos significativos.

Para que la Educación Intercultural Bilingüe logre su pleno potencial, se requiere un enfoque más equitativo en la asignación de recursos económicos y materiales. La participación activa y continua de las comunidades beneficiarias en la toma de decisiones es esencial para garantizar que las políticas educativas sean sensibles a las necesidades locales. Además, el desarrollo de currículos y pedagogías adecuados, que reflejen las identidades culturales y lingüísticas de las comunidades, sigue siendo un desafío pendiente.

La formación especializada de profesores, así como la sensibilización y capacitación en la filosofía intercultural, son elementos críticos para asegurar que la Educación Intercultural Bilingüe no se quede en un enfoque teórico, sino que se traduzca en prácticas efectivas y transformadoras. Es fundamental reconocer que el éxito de la Educación Intercultural Bilingüe no solo radica en la implementación de programas académicos, sino también en la creación de un entorno educativo que valore y respete la diversidad cultural y lingüística de América Latina.

La Educación Intercultural Bilingüe ha demostrado su capacidad para generar avances significativos en los sistemas educativos latinoamericanos. Sin embargo, para lograr un impacto duradero, es esencial abordar los desafíos prácticos y la asignación de recursos de manera más efectiva. Esto requerirá un compromiso continuo con la filosofía intercultural, así como esfuerzos coordinados para llevar a la práctica los principios de equidad y diversidad en la educación de la región [6] estos retos y avances también lo podemos ver reflejado en el Ecuador analizaremos el marco referencias y pedagógico alcanzado en el Ecuador, así como una realidad concreta que muestra cómo estos avances muchas veces se quedan en papel y el lo teórico.

### 2.3 Educación Intercultural Bilingüe en el Ecuador

La Educación Intercultural Bilingüe en Ecuador es un enfoque educativo que busca reconocer y valorar la diversidad cultural y lingüística de su población, especialmente de los pueblos indígenas y comunidades afrodescendientes. Este enfoque se fundamenta en el respeto hacia las identidades, cosmovisiones y conocimientos de estos grupos, promoviendo una educación inclusiva y equitativa que refleje la pluralidad de la sociedad ecuatoriana.

El Art. 26 de la Constitución Ecuatoriana de 2008 describe que la educación se concibe como un derecho que toda persona, sin importar su origen o razón social, es digna de recibir a lo largo de su vida, garantizando la igualdad e inclusión social. En Ecuador, el proceso educativo se rige por el Sistema Nacional de Educación, que a su vez se divide en el Sistema de Educación Superior y el Sistema de Educación Intercultural Bilingüe SEIB. Bajo este concepto, vale mencionar que en la educación ecuatoriana se contemplan dos modelos educativos: el Modelo Etnoeducativo Afroecuatoriano METAFE y el Modelo del Sistema de Educación Intercultural Bilingüe MOSEIB.

La Secretaría del Sistema Intercultural Bilingüe SESEIB tiene la responsabilidad de desarrollar propuestas y material didáctico destinados a los Centros Educativos Comunitarios Interculturales Bilingües CECIB y, además, lleva a cabo la implementación del Modelo del Sistema de Educación Intercultural Bilingüe MOSEIB. Este modelo se destaca por su enfoque en la preservación de los idiomas materno-ancestral como es el Kichwa, y busca vincular las habilidades y capacidades de los estudiantes con la naturaleza que les rodea. Arellano [7] destaca que este sistema educativo proporciona a las comunidades indígenas las herramientas necesarias para fomentar y contribuir al desarrollo sociocultural y económico de sus comunidades.

Según la Secretaría de Educación Intercultural Bilingüe [17], el principal objetivo del MOSEIB es fomentar e impulsar la construcción de un Estado pluricultural, tal como es concebido por las diversas comunidades y nacionalidades indígenas. Además, conforme a este modelo educativo, específicamente en el apartado 2.1.19, literal 4, se establece la realización de capacitaciones destinadas a los profesores, centradas en el uso y manejo de los instrumentos curriculares. Además, dentro de la política estatal relacionada con la SEIB, el gobierno asume la responsabilidad de proporcionar infraestructura, equipamiento, recursos educativos, alimentación y asignar los fondos necesarios para llevar a cabo la implementación y desarrollo de la Educación Intercultural Bilingüe EIB.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar si se cumple efectivamente el plan de estudio de la EIB en los Centros Educativos Comunitarios Interculturales Bilingües CECIB, para asegurar el adecuado desarrollo del proceso educativo. Es importante destacar que esta problemática surgió a raíz de la experiencia de prácticas pre-profesionales realizadas por profesores en formación, lo que motivó la realización de entrevistas a educadores que actualmente forman parte del Sistema de Educación Intercultural Bilingüe SEIB.

La implementación de la Educación Intercultural Bilingüe en Ecuador ha tenido avances significativos, pero también desafíos persistentes. Algunos de los logros más destacados incluyen:

- *Currículo intercultural:* Se han desarrollado currículos y materiales educativos que integran los conocimientos y enfoques de las culturas indígenas y afrodescendientes. Esto permite que los estudiantes aprendan desde sus propias perspectivas y contextos culturales.
- *Formación docente:* Se han implementado programas de capacitación para profesores en el ámbito de la EIB. Esto es esencial para que los profesores estén preparados para trabajar en contextos interculturales y bilingües, y para respetar las particularidades de sus estudiantes.
- *Revalorización de lenguas indígenas:* La EIB ha contribuido a la revitalización y preservación de lenguas indígenas en peligro de extinción. Se han desarrollado materiales educativos en diferentes lenguas originarias y se ha promovido su uso en el aula.
- *Participación comunitaria:* La EIB fomenta la participación activa de las comunidades en la educación de sus hijos. Esto fortalece el sentido de pertenencia y la colaboración entre la escuela y la comunidad.

- *Reconocimiento de saberes locales:* La EIB reconoce y valora los conocimientos tradicionales y ancestrales de los pueblos indígenas y afrodescendientes, integrándose en el proceso educativo de manera complementaria a los contenidos académicos convencionales.

A pesar de estos avances, todavía existen desafíos. La falta de recursos adecuados, la capacitación continua de profesores, la falta de materiales en lenguas indígenas y la necesidad de adaptar la educación a contextos diversos son algunos de los obstáculos que persisten en la implementación efectiva de la EIB en todo el país.

### 3. MÉTODO

En la región oriental del país en la Amazonía ecuatoriana en la provincia del Napo y siendo su capital se encuentra la ciudad del Tena, en la parte rural se encuentra la dirección distrital 15D01 zona escogida para analizar cuál es la realidad que viven los profesores de Centros Educativos Comunitarios Intercultural Bilingüe CECIB.

Para obtener un panorama más amplio se realizó una entrevista compuesta de 4 preguntas abiertas, mismas que permitieron al investigador conocer la realidad respecto a la problemática planteada. De acuerdo con Díaz [8], la entrevista es una herramienta de gran utilidad para la recolección de información, misma que confiere a un diálogo establecido entre el investigador y el sujeto de estudio, con un fin en específico.

Bajo este concepto, fue necesario presentarse de manera presencial a diferentes CECIB, que estén dispuestos a colaborar con la presente, una vez que se obtiene la autorización por parte de la máxima autoridad (rector), se daba paso a la ejecución de la entrevista, donde cada participante recibió información acerca de lo que se iba a realizar y cuál era su finalidad, asimismo vale mencionar que la entrevista fue grabada de principio a fin, con una duración de entre 5-10 minutos, con el objetivo de conservar textualmente los argumentos.

La información recolectada se organizó en una matriz FODA, que consiste en destacar los factores fuertes y débiles más influyentes dentro de la Educación Intercultural Bilingüe obtenidos tras la entrevista. De acuerdo con [9] la matriz FODA refiere a fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se pueden identificar con el fin de sintetizar la información recolectada, de esta manera se adquiere una perspectiva que ofrezca mayores ventajas frente a los resultados, lo que nos permite visualizar las perspectivas y resaltar la realidad que viven los profesores.

### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 4.1 Entrevistas a los profesores en la dirección distrital 15D01

##### 4.1.1 Entrevista 1

Entrevistadora: ¿Me puede decir su nombre y cuánto tiempo lleva de trayectoria en la docencia?

Entrevistado: Bueno, mi nombre es Rafael Alfredo Tanguilo Alvarado. Llevo en la docencia 17 años.

Entrevistadora: ¿Cree usted que existen los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso educativo dentro de los CECIB?

Entrevistado: Hablando de los recursos, no ha habido aporte del Ministerio de Educación hacia las escuelas interculturales bilingües. Entonces no se cuenta con materiales didácticos, no se cuenta con laboratorios. Esa es una de las debilidades que presentan las instituciones interculturales bilingües.

Entrevistadora: ¿Cuáles son los recursos que tiene actualmente dentro de las escuelas interculturales bilingües?

Entrevistado: Los recursos como recursos humanos, los profesores. Los materiales que con esfuerzo lo hacen los mismos profesores, es el único que se puede.

Entrevistadora: ¿Y no reciben algún aporte por todo lo que ustedes gastan?

Entrevistado: No, para nada. Eso ya es aporte de los profesores y a su vez padres de familia.



Entrevistadora: ¿Cree usted que los profesores están capacitados para poner en práctica en las aulas el Currículo Intercultural Bilingüe?

Entrevistado: Sí, un 80% de los profesores están en capacidad, tienen conocimiento para articular en la docencia.

Entrevistadora: ¿Y cómo aportan ustedes? ¿Se capacitan ustedes mismos? ¿O hay una capacitación dentro del sistema intercultural bilingüe? ¿Vienen para acá?

Entrevistado: Bueno, en los años atrás el mismo intercultural bilingüe ha programado cursos de capacitación entre las escuelas, haciendo las redes de establecimientos.

Entrevistadora: ¿Cree usted que la práctica del idioma ancestral ha ido disminuyendo? ¿Y si es así, por qué?

Entrevistado: Prácticamente en esta nueva generación sí se ve disminuido, pero sin embargo 60 a 70% todavía conservan el idioma Kichwa.

Entrevistadora: ¿En las escuelas, por ejemplo, aquí en la escuela, se practica actualmente el idioma Kichwa un 100% o se ha ido disminuyendo también?

Entrevistado: Bueno, actualmente de acuerdo a la estadística que mantiene el establecimiento, a un 80% sí se practica el idioma.

Entrevistadora: Me comentaban otros profesores que el idioma Kichwa se habla el 100% desde los grados de inicial 1 e inicial 2. ¿Aquí también se practica lo que es el 100% en inicial 1 e inicial 2?

Entrevistado: Sí, el idioma Kichwa en el inicial 1 y 2 se practica al 100%.

Entrevistadora: ¿Cree usted que el MOSEIB fomenta el desarrollo de la interculturalidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje?

Entrevistado: Sí, el MOSEIB es un modelo nuestro, tiene un proyecto de vida de pueblos y nacionalidades y a su vez el intercultural, lo llamamos intercultural hispano, han compartido el MOSEIB en ese sentido.

Entrevistadora: El MOSEIB hablaba de los principios de lo que es el entorno, ¿se pone en práctica en cada aprendizaje que tienen los estudiantes?

Entrevistadora: Claro, sí se practica con algunos profesores conscientes que sí cumplen todas las normativas que tiene el MOSEIB.

Entrevistadora: El MOSEIB garantiza que tiene que llevar recursos didácticos y recursos tecnológicos. ¿Ustedes han solicitado los recursos al Ministerio de Educación?

Entrevistado: Siempre se le ha pedido al Ministerio de Educación, pero no hay respuesta favorable.

#### 4.1.2 Entrevista 2

Entrevistadora: ¿Me puede ayudar con su nombre y qué edad tiene en experiencia respecto a la educación intercultural bilingüe?

Entrevistado: Mi nombre es Rubén Cerda, soy líder educativo del CECIB Obrino Brejo, llevo de profesor intercultural bilingüe 26 años.

Entrevistadora: ¿Usted cree que existen los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso educativo dentro de los centros educativos?

Entrevistado: Bueno, precisamente a través de los recursos, siempre estamos recibiendo la innovación según la interculturalidad, la mayor parte de los recursos es, en este caso, del medio natural. Pero sí nos hace falta, un apoyo externo por parte de las autoridades, a lo mejor implementar con materiales que sí son útiles para los profesores y con eso hacer un aprendizaje con los estudiantes.

Entrevistadora: ¿Cuando habla de recursos se refiere a tecnológicos o didácticos?

Entrevistado: Ya, aquí justamente una de las que sí se requiere, en primer plano en este caso, serían los recursos tecnológicos, ya más también que justamente van encaminados en sí los materiales didácticos.

Entrevistadora: ¿Cree usted que los profesores están capacitados para poner en práctica el currículum de intercultural bilingüe, haciendo referencia al MOSEIB?

Entrevistado: Sí, justamente estamos en eso porque últimamente ha habido cambios, el distrito dice que la intercultural bilingüe se fusionó en una sola que es la interculturalidad, entonces salió profesores que no han sido parte muchas veces de la institución intercultural bilingüe, pero con su cambio llegaron a esta institución, por tanto, no conocen el modelo y con ello el proceso metodológico de enseñanza con los estudiantes. Esos son los inconvenientes y que esto pienso que hay que ir, mejorando con varias capacitaciones y también el apoyo por parte de los estudiantes.

Entrevistadora: ¿Las capacitaciones son realizadas por ustedes mismos o son de parte externa?

Entrevistado: Podemos nosotros aquí auto-capacitarnos con algunos profesores que tienen experiencia, también la parte externa es muy, muy importante para obtener los conocimientos en este caso porque a veces hay habilidades y dominios con los profesores.

Entrevistadora: ¿Cree usted que la práctica del idioma ancestral se ha ido disminuyendo?

Entrevistado: Bueno, justamente estamos hablando mucho en esta institución educativa en vista que sí ha habido un deterioro en este caso de la aplicación de Kichwa especialmente en algunos profesores, siempre de mi parte estoy incentivando que tenemos que los profesores dar iniciativa con los estudiantes a hablar más en Kichwa y justamente en todas las actividades que tengamos entre profesores y eso justamente nos va a fortalecer. Y además también en vista que también hay unos padres de familia, que sí han tenido esa dificultad de que el hijo a lo mejor no aprende el Kichwa más bien en castellano, pero en el proceso siempre está de que en primer plano conozcan el Kichwa y hablen Kichwa de forma adecuada.

Entrevistadora: ¿Cree usted que el MOSEIB fomenta el desarrollo de la interculturalidad en los procesos que enseñamos aprendizaje?

Entrevistador: Sí, justamente el proceso está enlazado en la interculturalidad, y lo que son conocimientos nuestros ancestrales y también digamos enlazados con los contenidos individuales de la parte externa.

### 4.1.3 Entrevista 3

Entrevistadora: Bueno, para comenzar con la entrevista me gustaría preguntar ¿cuál es su nombre? y ¿cuántos años lleva en la unidad educativa y su experiencia laboral?

Entrevistado: ¿En todas las instituciones educativas?

Entrevistadora: En todo, su experiencia laboral.

Entrevistado: Mi nombre es Maximiliano Chimbo.

Entrevistado: Hasta el momento llevo 33 años de profesor.

Entrevistadora: Vamos con la primera pregunta.

Entrevistadora: ¿Cree usted que existen los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso educativo dentro de los Centros Educativos?

Entrevistado: Bueno, económicamente no tenemos el apoyo, en cuanto a los recursos humanos sí tenemos.

Entrevistadora: ¿Cree usted que la limitación en recursos económicos incide en la calidad educativa?

Entrevistado: Bueno, nosotros necesitamos el apoyo económico del Estado en cuanto a la educación bilingüe, porque sin él, no podemos adquirir materiales didácticos ni equipos tecnológicos para avanzar conforme al momento. Por el momento los profesores hacemos aportes económicos para suplir necesidades básicas.

Entrevistadora: ¿Tienen acceso a material didáctico propinado por el Ministerio de Educación?

Entrevistado: Nosotros con nuestros propios esfuerzos hemos elaborado algunos materiales didácticos, pero falta siempre apoyo económico del Estado como elaboración de los materiales de carácter tecnológico. Las limitaciones van desde sacar copias de las guías que nosotros elaboramos y las actividades de trabajo de los estudiantes. No podemos producir textos ni guías como demanda el currículo por falta de recursos económicos y el limitado apoyo de las autoridades regionales.

Entrevistadora: Entonces, ¿asumiría que los recursos educativos son producción de los profesores?

Entrevistado: Sí, nosotros aquí trabajamos con nuestros propios materiales. Un ejemplo son las Taptanas que utilizamos para enseñar operaciones matemáticas.

Entrevistado: Nosotros queremos fortalecer, rescatar las culturas, pero necesitamos materiales del medio.

Entrevistado: Para producir más materiales del medio nos falta recursos económicos de parte del Estado.

Entrevistadora: Entonces pasaremos a la siguiente pregunta.

Entrevistadora: ¿Cree usted que los profesores están capacitados para poner en práctica en las aulas el currículum intercultural bilingüe?

Entrevistado: Sí, nosotros estamos capacitados para llevar adelante nuestra educación bilingüe.

Entrevistadora: ¿Y cómo son sus capacitaciones? ¿Viene alguien a capacitarlos o ustedes se auto-educan?

Entrevistado: Nosotros nos guían, tenemos algunos técnicos, los técnicos están apoyando en elaboración de guías, por ejemplo, hay instrumentos curriculares que se deben seguir.

Entrevistado: Pero ahora estamos involucrados en el sistema intercultural, pero antes teníamos nuestros propios instrumentos, planes y programas, pero ahora no, regresamos anteriormente a lo intercultural.

Entrevistadora: Antes, ¿tenían una capacitación por parte del estado?

Entrevistado: Permanente, sí tenían una capacitación permanente de los propios técnicos, para los profesores de la educación intercultural bilingüe.

Entrevistado: Pero ahora ya no se ven, no tenemos instructores en la interculturalidad.

Entrevistadora: Muy bien, entonces pasaremos a la siguiente pregunta.

Entrevistadora: ¿Cree usted que la práctica del idioma ancestral se ha ido disminuyendo?

Entrevistado: Sí, ha ido disminuyendo poco a poco, porque no lo practicamos constantemente, más bien, está ganando el idioma español, porque antiguamente nosotros sí lo practicamos. Nosotros tuvimos como un 80 o 100% en cada uno de los niveles, porque teníamos el currículo bilingüe.

Entrevistado: Antes se trataba de mantener las costumbres y tradiciones ancestrales, pero hoy en la actualidad es diferente, porque no hay seguimiento, no hay quien nos guíe, más bien hemos regresado al sistema de habla hispana.

Entrevistadora: ¿Y cuál sería su recomendación para poder llevar a cabo la práctica del idioma ancestral o cree que ya no se puede rescatar el lenguaje?

Entrevistado: No, para mí, mi recomendación sería volver a lo anterior, que exista un departamento apropiadamente que nos capacite, que nos guíe en la educación bilingüe, porque sin eso nosotros estamos perdiendo nuestras costumbres y tradiciones, principalmente el idioma, entonces es necesario que exista y que vuelva la educación intercultural bilingüe como institución autónoma.

Entrevistadora: ¿Cree usted que el MOSEIB fomenta el desarrollo en la Educación Intercultural Bilingüe en los procesos de enseñanza y aprendizaje?

Entrevistado: MOSEIB es la parte matriz que abarca todos los instrumentos curriculares que nosotros queremos fortalecer a nivel nacional, o sea, ella abarca todo el proceso curricular. Es la parte medular de la educación intercultural bilingüe que nosotros habíamos iniciado hace algunos años atrás y que hemos creado nosotros mismos nuestro propio MOSEIB y por eso estábamos practicando de forma autónoma nuestro idioma, a raíz de que se pierde la autonomía de la educación intercultural bilingüe, hemos dejado de practicarlo.

Entrevistadora: O sea que el MOSEIB no se pone en práctica últimamente.

Entrevistado: Últimamente ya no.

Entrevistado: Hay ciertas instituciones, pero no todas, antes el MOSEIB se aplicaba a todas las instituciones educativas bilingües.

Entrevistado: Entonces, ahí se tiene en cuenta que nuestra educación bilingüe, era muy necesaria, era muy necesaria para mantener nuestra identidad.

Entrevistado: Hay ciertas instituciones que se mantienen, sin embargo, poco a poco están regresando al sistema general de habla hispana.

Entrevistadora: ¿Y usted cree que los profesores que llegan a la educación intercultural bilingüe están capacitados con el modelo del sistema educativo?

Entrevistado: La educación bilingüe nos capacitó algunos años, en sí, creo que la mayoría de profesores que ha trabajado por más de 10 años en el sistema bilingüe conocen el funcionamiento.

Entrevistadora: ¿Pero con qué material nos fortalecemos? ¿Con qué material seguimos adelante para la enseñanza presente de nuestros estudiantes?

Entrevistado: Está estancado hasta el momento.

Entrevistado: Hay ciertas cosas que siguen para nosotros.

Entrevistado: Estamos elaborando las guías para nosotros.

Entrevistado: Pero no podemos reproducirlas.

Entrevistado: Peor los textos. Entonces, ahí está estancado.

Entrevistado: Ojalá el Estado tome en cuenta que se abren las intrusiones autónomas para poder fortalecer y seguir adelante nuestra educación intercultural.

Entrevistadora: Eso sería todo. Muchas gracias.

#### 4.1.4 Entrevista 4

Entrevistadora: ¿Cuál es su nombre y cuántos años de trayectoria tiene dentro de Educación Intercultural Bilingüe?

Entrevistada: Mi nombre es Yesica Concha, tengo seis años ya trabajando en Educación Intercultural Bilingüe.

Entrevistadora: ¿Usted cree que existen los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso educativo dentro de los centros educativos?

Entrevistada: En realidad con el paso del tiempo sí se ha ido mejorando, pero todavía falta mucho en lo que es ámbito de estructura, infraestructura, porque tenemos como bien se dice, que trabajar con lo que es el currículo, te doy un ejemplo, el currículo nos dice el uso de las TIC, y hay muchos CECIB que no disponen de un centro de cómputo o no disponen a lo mejor de material tecnológico en sus domicilios para que se puedan desarrollar y se pueda ocultar el currículo en sí.

Entrevistada: ¿Y referente a lo que es material didáctico? Los materiales didácticos en sí se trabajan más con lo que desarrolla el profesor, el material pasa de profesor de área o profesor de aula. Por ejemplo, en el en lengua cada una de sus provincias tienen ya estructuradas sus cuentos, lo mismo en matemáticas también tienen trabajo para que se apliquen en las aulas.

Entrevistadora: ¿Cree usted que los profesores están capacitados para poner en práctica en las aulas el currículo de Educación Intercultural Bilingüe?

Entrevistada: Se han pasado ya 33 años que se está luchando en educación intercultural bilingüe y sí considero que falta mucho, no depende más de los profesores sino más de la parte de lo que es la planta central que tendrían que trabajar arduamente en lo que son las capacitaciones, porque digamos así hay profesores nuevos o hay profesores que no aplican la metodología, porque nosotros trabajamos con una metodología que se denomina la metodología del sistema de conocimiento, donde se aplican las cuatro fases, pero muchos desconocen esa metodología, ni siquiera saben qué metodología se aplica.

Entrevistada: Para hablar nosotros del modelo del sistema de conocimiento como es el MOSEIB, se tiene que saber cómo se estructura, y en base a esa estructuración se realiza la planificación.

Entrevistadora: ¿Cree usted que la práctica del idioma ancestral se ha ido disminuyendo?

Entrevistada: No, al contrario creo que se ha fortalecido en los últimos años, una de las políticas institucionales y también del estado ha sido el uso de la lengua materna, incluso hoy en día hay concursos para profesores de la intercultural bilingüe, y eso es una fortaleza, que se lo aplique en las aulas, eso ya depende del profesor, pero dentro de las políticas y dentro del plan educativo también está el uso de la lengua materna, por ejemplo, en Inicial 1 y 2, es el 100% que el profesor tiene que aplicar la lengua materna, y así sucesivamente se va un poquito nivelando las lenguas, digamos así en el proceso EIC, es un 40%, luego por ejemplo en Básica Superior, en Bachillerato, ya es un 20%, un 15% de Kichwa,

Entrevistada: porque ahí ya se le aplica más, ahí ya son otras asignaturas como es el inglés, lengua extranjera y lengua y literatura.

Entrevistadora: Y en su experiencia como profesor, ¿qué porcentaje aplica usted para el Kichwa?

Entrevistada: Bueno, es un poquito difícil porque uno de los problemas agravados es que los estudiantes, no hablan el Kichwa, entonces si los estudiantes no hablan el Kichwa, uno como profesor es complicado aplicar la lengua materna, pero este es un cambio que poco a poco se necesitará años, porque es un proceso largo, es un proceso largo y esta metodología.

Entrevistada: Esta política últimamente se está aplicando desde los cuatro años, se está queriendo regularizar y se está queriendo fortalecer la lengua materna como el Kichwa.

Entrevistadora: ¿Puede decir que se ha disminuido el nivel de poblaciones, de los individuos que pertenecen a las poblaciones indígenas?

Entrevistada: Claro, no más que todo, si no es, por ejemplo, el fortalecimiento del Kichwa más, digamos así, viene en el hogar, porque en el hogar los niños practican eso, en el diario vivir.

Entrevistada: Usted sabe, las nuevas generaciones, todo eso el tiempo ha ido también.

Entrevistadora: ¿cree usted que el MOSEIB fomenta el desarrollo de la interculturalidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje?

Entrevistada: Bueno, claro que sí, no, porque dentro del MOSEIB tenemos las nacionalidades, tenemos también que cada uno de sus pueblos, pueblos originarios del Ecuador tiene su propia nacionalidad.

Entrevistada: El MOSEIB abarca alrededor de 13 currículos de sus lenguas, de, por ejemplo, el Shuar, tenemos el MOSEIB de Shuar y así, de los 14 pueblos que tiene el país.

Entrevistada: Usted ingresa, digamos así, a la Secretaría de Educación Intercultural Bilingüe y se encuentran los currículos para cada una de las nacionalidades interpretadas de su nacionalidad.

Entrevistadora: ¿Y dentro de la escuela sí se practica el MOSEIB?

Entrevistada: Sí, bueno nosotros dentro de la Comisión Pedagógica está la elaboración de guías, y para aplicar las vías se tiene que manejar y se tiene que aplicar el MOSEIB, porque el MOSEIB es donde

encontramos nosotros los saberes y conocimientos y también los indicadores de logros del aprendizaje, también como se le denomina en la intercultural los dominios.

Entrevistada: Y para los nuevos integrantes, o sea, los nuevos profesores sí vienen con capacitaciones o desconocen lo que es el sistema.

Entrevistada: Los profesores que concursan, que han ganado el concurso de quiero ser profesor bilingüe, pasan por todo eso, porque en el momento de la evaluación les toman todo eso, o sea, ellos para concursar, nosotros para concursar tenemos que ser desconocidos y los nuevos profesores que son contratados, pero yo siempre me he topado con muchos compañeros que no tienen el conocimiento

Entrevistadora: ¿Y qué hacen en ese caso? ¿Hacen auto-capacitaciones?

Entrevistada: Claro, por ejemplo, aquí en cada una de las provincias tiene su propia comisión, tiene su comisión como coordinadores, y aquellos son los encargados de capacitar a todos los profesores, y dentro de cada institución también hay una comisión pedagógica, y si se ve la necesidad, o si los profesores tienen la necesidad, la comisión tiene la obligación de dar una capacitación y actualización de conocimientos a los profesores.

Entrevistadora: Muy bien, eso sería todo, muchísimas gracias.

Entrevistada: Gracias.

## 4.2 Análisis de las entrevistas

Se establecen las siguientes categorías de análisis: Código, ejemplo de fragmento de texto y observaciones/conclusiones, y los datos se representan en las Tablas 1 a 5.

**Tabla 1.** Análisis Entrevista 1

Código	Ejemplo de fragmento de texto	Observaciones/Conclusiones
IDE-EXP	Bueno, mi nombre es Rafael Alfredo Tanguilo Alvarado. Llevo en la docencia 17 años.	Identificación y experiencia del entrevistado.
RECURSOS/Centros/Educativos	Hablando de los recursos, no ha habido aporte del Ministerio de Educación hacia las escuelas interculturales bilingües.	Escasez de recursos y falta de aportes externos.
CAPACITACION-Docente	Un 80% de los profesores están en capacidad, tienen conocimiento para articular en la docencia.	Habilidades y preparación de los profesores.
KICHWA-Práctica	Prácticamente en esta nueva generación sí se ve disminuido, pero sin embargo 60 a 70% todavía conservan el idioma Kichwa.	Disminución del idioma ancestral en la nueva generación.
KICHWA-Enseñanza/Iniciales	Sí, el idioma Kichwa en el inicial 1 y 2 se practica el 100%.	Implementación total del Kichwa en grados iniciales.
MOSEIB-Impacto	Sí, el MOSEIB es un modelo nuestro, tiene un proyecto de vida de pueblos y nacionalidades y a su vez el intercultural, como llamamos intercultural hispano, han tenido que compartir el MOSEIB en ese sentido.	Impacto positivo del MOSEIB en la interculturalidad.
MOSEIB-Entorno Recursos	Sí se practica con algunos profesores conscientes que sí cumplen todas las normativas que tiene el MOSEIB.	Uso del entorno en la enseñanza y normativas del MOSEIB.
Colaboración-Comunidad/Recursos didácticos	Eso ya es aporte de los profesores y a su vez padres de familia.	Participación de profesores y padres en la educación.

**Tabla 2.** Análisis Entrevista 2

Código	Ejemplo de fragmento de texto	Observaciones/Conclusiones
IDE-EXP	Mi nombre es Rubén Cerda, soy líder educativo del CECIB Obrino Brejo. Llevo de profesor intercultural bilingüe 26 años.	Identificación del entrevistado y experiencia.
RECURSOS/Centros/Educativos	Falta de apoyo externo por parte de las autoridades.	Escasez de recursos y falta de aportes externos.
CAPACITACIÓN-Docente	Llegada de profesores sin conocimiento del modelo.	Profesores nuevos sin conocimiento del modelo
KICHWA-Práctica	Disminución en la práctica del Kichwa.	Disminución en la práctica del idioma ancestral.
MOSEIB-Impacto	El MOSEIB fomenta el desarrollo de la interculturalidad.	Impacto positivo del MOSEIB en la interculturalidad.

**Tabla 3. Análisis Entrevista 3**

Código	Ejemplo de fragmento de texto	Observaciones/Conclusiones
IDE-EXP	Mi nombre es Maximiliano Chimbo, lleva más 33 años en la docencia.	Identificación del entrevistado y su experiencia.
RECURSOS/Centros/Educativos	Apoyo son los recursos humanos que siempre existen, pero económicamente no tenemos el apoyo.	Escasez de recursos económicos y falta de apoyo para realizar materiales didácticos.
CAPACITACIÓN-Docente	Nos guiaban técnicos, los técnicos están apoyando en la elaboración de guías... El modelo del sistema educativo, nos capacitamos algunos años...	Capacitación docente con apoyo de técnicos y elaboración de guías. Años anteriores se realizaban los programas de capacitación.
KICHWA -Práctica	Sí, ha ido disminuyendo poco a poco porque no lo practicamos constantemente.	Disminución del uso del idioma ancestral debido a falta de práctica constante. Sugerencia de fortalecer la enseñanza del idioma ancestral con un enfoque autónomo.
Colaboración-Comunidad/Recursos didácticos	Nosotros con nuestros propios esfuerzos hemos hecho algunos materiales didácticos con nuestros propios esfuerzos...	Uso de recursos propios y limitaciones económicas para producir materiales.
MOSEIB-Impacto	MOSEIB es la parte matriz que abarca todos los instrumentos curriculares...	Reflexión sobre el papel del MOSEIB en la educación intercultural bilingüe.

**Tabla 4. Análisis Entrevista 4**

Código	Ejemplo de fragmento de texto	Observaciones/Conclusiones
IDE-EXP	Mi nombre es Yesica Concha, tengo seis años ya trabajando en Educación Intercultural Bilingüe...	Identificación y Experiencia en Educación Intercultural Bilingüe
RECURSOS/Centros/Educativos	En realidad, con el paso del tiempo sí se ha ido mejorando, pero todavía falta mucho en lo que es ámbito de estructura, infraestructura... Se han pasado ya 33 años que se está luchando en educación intercultural bilingüe, y sí considero que falta mucho...	Mejoras en el tiempo, pero escasez de recursos económicos y falta de apoyo para infraestructura.
CAPACITACIÓN-Docente	Claro, por ejemplo aquí, en cada una de las provincias tiene su propia comisión, tiene su comisión como coordinadores...	Capacitación y formación docente mediante coordinación zonal
KICHWA-Práctica	No, al contrario, creo que se ha fortalecido en los últimos años, una de las políticas institucionales y también del estado ha sido el uso de la lengua materna...	Práctica del idioma ancestral
MOSEIB-Impacto	Bueno, claro que sí, no, porque dentro del MOSEIB tenemos las nacionalidades, tenemos también, bueno, cada uno de sus pueblos, pueblos originarios del Ecuador tiene su propia nacionalidad... Sí, bueno nosotros dentro de la Comisión Pedagógica está la elaboración de guías, y para aplicar las vías se tiene que manejar y se tiene que aplicar el MOSEIB...	Interculturalidad y diversidad de lenguas Implementación del MOSEIB en la práctica
Colaboración-Comunidad/Recursos didácticos	Los materiales didácticos en sí se trabajan más con lo que se desarrolla el profesor, el profesor de área o profesor de aula...	Material didáctico y recursos pedagógicos

**Tabla 5. Análisis Entrevistas**

Código	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4
IDE-EXP	Identificación del entrevistado y 17 años de experiencia	Identificación del entrevistado y 26 años de experiencia	Identificación del entrevistado y 33 años de experiencia	Identificación del entrevistado y 6 años de experiencia.
Capacitación- Docente	80% de los profesores están en capacidad, y tienen conocimiento para articular en la docencia	Profesores nuevos sin conocimiento del MOSEIB	Profesores que no se encuentran con conocimientos básicos del currículum	Los profesores se encuentran capacitados por diversos programas que se vienen efectuando.

RECURSOS/Centros/Educativos	Escasez de recursos y falta de aportes externos	Escasez de recursos y falta de aportes externos	Escasez de recursos tecnológicos y económicos para material didáctico	Falta de apoyo de recursos económicos, además de infraestructuras.
KICHWA-Práctica	Disminución del idioma ancestral en la nueva generación de estudiantes y profesores	Disminución en la práctica del idioma ancestral	Disminución del idioma ancestral por falta de práctica constante.	Fortalecimiento del idioma ancestral para profesores
MOSEIB-Impacto	Impacto positivo del MOSEIB en la interculturalidad	El MOSEIB fomenta el desarrollo de la interculturalidad	El MOSEIB ayuda a profesores para poder realizar las guías que aplican en las aulas.	El MOSEIB aporta de manera positiva al manejo de diversas culturas y lenguas ancestrales.

Colaborando en la presente, los participantes describen de manera detallada el funcionamiento del Sistema Intercultural Bilingüe, siguiendo la entrevista, misma que contiene interrogantes semiestructuradas. A partir de estas descripciones, se han establecido diversas categorías de análisis, que han dado lugar a los siguientes resultados.

#### 4.2.1 Cree usted que existen los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso educativo en los CECIB

En la educación los recursos son necesarios para llevar a cabo el proceso de enseñanza - aprendizaje, cabe recalcar que los recursos pueden ser recursos económicos, humanos y digitales. Para los profesores que fueron entrevistados supieron manifestar que uno de los problemas que tiene la educación intercultural bilingüe es la ausencia de los recursos económicos y digitales, ya que hacen mención de que los materiales son necesarios para poder llevar a cabo sus clases de forma innovadora, sin dejar de lado la creatividad que tienen los estudiantes, ya que la adquieren de los conocimientos ancestrales que obtiene de sus diferentes comunidades o entornos.

Cabe mencionar que los materiales didácticos son de suma importancia para poder aplicar en la enseñanza-aprendizaje de cada estudiante, por otro lado los profesores son los que deben fabricar sus propios materiales didácticos para poder emplear en las diferentes áreas o asignaturas, como menciona Espinoza [10], cuando se hace referencia al término de diseñar, se habla del proceso en que se decide colocar una relación con características en las que se va obtener como resultado un conocimiento satisfactorio, en este caso un material didáctico como apoyo para la enseñanza-aprendizaje.

Por otra la parte los recursos digitales también son otra fuente de información para la construcción del conocimiento así mencionan Rabajoli e Ibarra [11], al momento de introducir la tecnología en las aulas y en los centros educativos es una responsabilidad que deben tener los profesores ya que con los diferentes dispositivos móviles se puede obtener mayores posibilidades para planificar acciones más allá del horario escolar, esto también permite plantear actividades de aprendizaje en línea, acceder a la información de acuerdo a las necesidades.

#### 4.2.2 Cree usted que los profesores están capacitados para poner en práctica el currículo intercultural bilingüe

Para llevar el currículo intercultural bilingüe a las aulas de clases y ponerlo en práctica con los estudiantes los profesores deben estar capacitados, pero no todos los profesores tienen el mismo nivel de conocimiento acerca de las planificaciones que dispone este currículum, sin embargo, los profesores deben realizar sus propias capacitaciones que las debe dirigir un profesor quien tenga un cierto conocimiento mayor que el de los profesores que están recién ingresando a esta área laboral.

Los profesores en los años posteriores llevaban un programa que el ministerio de educación intercultural bilingüe ofrece para poder capacitar a los profesores en diferentes áreas, estas capacitaciones se dirigen a profesores que ingresan como a profesores quienes ya tienen una larga trayectoria en el sistema educativo, los técnicos que dirigen estos programas incorporan nuevos conocimientos en herramientas didácticas entre otras, al igual que también dan a conocer de los cambios que están produciendo en el currículo

intercultural bilingüe. Pero ha cambiado, pasando un largo periodo de tiempo que no se ha visto una intervención del sistema para continuar con estos programas, que eran útil para los diferentes profesores.

Asimismo los profesores entrevistados nos supieron manifestar que los profesores que llegan a laborar en los diferentes CECIB deben tener un conocimiento básico acerca del currículo del Sistema de Educación Intercultural Bilingüe, además de ello deben conocer acerca de las diferentes culturas y lenguajes que se hablan en la comunidad que se encuentre el centro educativo, por otra parte uno de los principales objetivos que tiene el SEIB es formar y con ello capacitar a especialistas en elaboración de materiales educativos, así como también a profesores para este tipo de educación.

#### **4.2.3 Cree usted que el idioma ancestral materno Kichwa ha ido disminuyendo**

Bajo esta interrogante todos los profesores están de acuerdo que el idioma ancestral se ha disminuido con el pasar de los años, y se menciona que uno de los factores influyentes deriva a que los individuos que pertenecen a las poblaciones indígenas ya no lo practican ciento por ciento, como consecuencia las futuras generaciones que ingresan al sistema educativo y en general, tienen un déficit de su propio idioma materno.

De acuerdo con Pichazaca [12], lo que provoca la pérdida de la lengua materna es la falta de práctica tanto en la institución como en la interacción cotidiana con miembros de la comunidad y familia, así mismo menciona que una forma de fomentar la cultura y potenciar el uso de la lengua es realizar eventos educativos donde el eje principal sea el quechua.

Por otro lado, haciendo énfasis a lo que menciona la profesora Jessica Concha, es que personalmente y en su mayoría trata de reforzar el idioma quechua durante sus sesiones de clase, ya que considera es importante perseverar el lenguaje ancestral dentro de la educación intercultural bilingüe, puesto que su idioma y tradiciones es lo que caracteriza a los diferentes pueblos y nacionalidades indígenas, en este sentido hace un llamado a sus colegas para que también lleven a cabo actividades recreativas dentro y fuera del aula de clase, de manera que se refuerce la práctica y el uso de la lengua materna.

#### **4.2.4 Cree usted que el MOSEIB fomenta el desarrollo intercultural en el proceso de enseñanza aprendizaje**

A nivel general, se menciona que el proceso de enseñanza - aprendizaje tiene un estrecho vínculo respecto al conocimiento ancestral y el contenido del currículum. Por otro lado, este modelo ofrece capacitaciones a los profesores, a su vez los educadores deben practicar el idioma quechua, ya que de acuerdo con la LOEI en el Art. 276 se menciona que los interesados en pertenecer a las instituciones que oferten educación intercultural bilingüe deben obtener un suficiencia en el idioma del pueblo indígena al que se aspira ingresar, mismo que será evaluado por el Nivel Central de la Autoridad Educativa Nacional, donde la puntuación deberá ser mayor o igual al 70%.

Sin embargo, en las narraciones, los profesores y autoridades de las instituciones hacen llamados recurrentes al ministerio de educación, que hace caso omiso a las solicitudes, de manera que se han visto obligados a gestionar una comisión pedagógica conformada por profesores de mayor experiencia, quienes brindan capacitaciones a sus colegas en caso de que se requiera o se aprecie alguna falencia pedagógica.

Además se menciona que el MOSEIB es un instrumento pedagógico muy influyente dentro de la educación intercultural bilingüe, donde el nivel macrocurricular se denomina Plan Curricular Comunitario PCC y el nivel micro curricular lleva por nombre Guía de Interaprendizaje, que a su vez contiene indicadores de logro o dominios que deben cumplir los educandos para llevar a cabo una educación de calidad, siempre y cuando se brinden los instrumentos suficientes y necesarios para llevar a cabo este modelo educativo.

### **4.3 Análisis FODA**

Con las entrevistas realizadas identificamos las Fortalezas oportunidades debilidades y amenazas visualizadas en la Educación Intercultural Bilingüe en la dirección distrital 15D01 (Tabla 6).



**Tabla 6.** Análisis FODA en la Educación Intercultural Bilingüe en la dirección distrital 15D01

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El personal docente tiene vocación para la educación intercultural</li> <li>▪ Los profesores están prestos a la implementación de recursos didácticos</li> <li>▪ Estudiantes con ganas de aprender sobre las costumbres que se llevaban a cabo sus ancestros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interés de profesores y profesores en formación por la EIB</li> <li>▪ Campaña de concientización hacia SEIB respecto a la educación intercultural bilingüe</li> <li>▪ Aprendizaje en conjunto con el medio ambiente</li> <li>▪ Desarrollo de eventos educativos dentro de los CECIB para fomentar la interculturalidad</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escasez de presupuesto para la formación docente y adquisición de recursos didácticos y tecnológicos</li> <li>▪ En el repositorio web existen guías profesores, pero no textos de trabajo para los estudiantes.</li> <li>▪ No todos los profesores conocen sobre la aplicabilidad del MOSEIB.</li> <li>▪ Escaso seguimiento, control y evaluación de los estándares de calidad educativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminución de la práctica de la lengua ancestral.</li> <li>▪ Decrecimiento en el número de estudiantes que puede afectar la funcionalidad de las instituciones educativas.</li> <li>▪ Cambio de sistema educativo.</li> <li>▪ Estudiantes que emigran al sistema Intercultural de habla hispana.</li> </ul>

## 5. CONCLUSIONES

El Sistema de Educación Intercultural Bilingüe tiene un enfoque que pretende preservar y enriquecer tanto las tradiciones culturales como las lenguas ancestrales de las comunidades indígenas. No obstante, en la presente se observa un preocupante declive en el uso del Kichwa entre las nuevas generaciones, específicamente en la ciudad de Tena.

Esta pérdida gradual del idioma ancestral es una tendencia que se ha vuelto cada vez más evidente. Además, este mismo sistema abarca aspectos esenciales para promover el desarrollo educativo. Entre estos aspectos se incluyen la implementación de recursos tecnológicos, la mejora de la infraestructura educativa, capacitación docente y la creación de herramientas didácticas adaptadas a sus necesidades. No obstante, tras llevar a cabo entrevistas con profesores que forman parte de este sistema y tienen entre 6 y 33 años de experiencia, se han identificado ciertas deficiencias y desafíos que aún no han sido abordados.

Uno de los elementos más destacados dentro de este contexto es la implementación de recursos tecnológicos en las aulas. Si bien se reconoce su potencial para facilitar la labor docente y enriquecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes, se ha constatado que estas herramientas no se utilizan de manera efectiva en los CECIB, esto se debe a la ausencia de equipos y conectividad en algunas áreas. Además, es importante resaltar que el uso de recursos tecnológicos no solo beneficia a los profesores, sino que también brinda a los estudiantes la oportunidad de ampliar sus conocimientos y habilidades.

Esto es relevante en un mundo cada vez más digitalizado, donde la capacidad de utilizar herramientas tecnológicas es fundamental para la inserción laboral y el desarrollo personal. Sin embargo, existe una brecha significativa entre la educación que se ofrece en las zonas urbanas y la que se brinda en las comunidades indígenas, lo que lleva a que muchos padres de familia prefieran la educación que promete las zonas urbanas.

Para abordar estas deficiencias y mejorar el Sistema de Educación Intercultural Bilingüe, es necesario un enfoque integral que incluya la implementación de recursos tecnológicos, la capacitación continua de los profesores respecto al uso y manejo del MOSEIB, la inversión en infraestructura para garantizar la conectividad y la creación de materiales didácticos adaptados a las culturas y lenguas indígenas. Además, es fundamental promover la conciencia entre los padres de familia sobre la importancia de mantener y fortalecer la identidad cultural de sus hijos, incluso en un entorno tecnológico en evolución.

Finalmente, es importante considerar que la multiculturalidad es una característica distintiva de Ecuador, y la preservación de las lenguas y tradiciones ancestrales desempeña un papel esencial en la identidad cultural del país. Por lo tanto, resulta crucial poner de relieve la situación en el ámbito de la Educación Intercultural Bilingüe y tomar medidas que permitan fortalecer este sistema educativo. De manera que el

propósito principal sea garantizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en los Centros de Educación Bilingüe Intercultural CECIB y que brinde oportunidades significativas para las nuevas generaciones de estudiantes, asegurando así la preservación de las raíces culturales y lingüísticas que son valiosas para la identidad nacional ecuatoriana.

## REFERENCIAS

- [1] Díaz T. y Alemán P. (2008). La educación como factor de desarrollo. *Revista Universidad Virtual Católica del Norte* (23), 1-15.
- [2] Freire P. (2014). *La educación como práctica de la libertad*. Siglo XXI Editores.
- [3] Abellán C. (2017). Una mirada desde los organismos internacionales a la educación para todos. *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales* (83), 203-228.
- [4] Abram L. (2004). Estado del arte de la educación bilingüe intercultural en América Latina. Recuperado: <http://www.iadb.org/sds/doc/IND-MAbramS.pdf>
- [5] López L. (1997). La diversidad étnica, cultural y lingüística Latinoamericana y los recursos humanos que la educación requiere. *Revista Iberoamericana de Educación* 13.
- [6] Fajardo D. (2011). Educación intercultural bilingüe en Latinoamérica: Un breve estado de la cuestión. *LiminaR* 9(2), 15-29.
- [7] Arellano A. (2008). Educación Intercultural Bilingüe en el Ecuador: La propuesta educativa y su proceso. *Alteridad* 3(1), 64-82.
- [8] Díaz L. et al. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica* 2(7), 162-167.
- [9] Talancón H. (2006). La matriz foda: Alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e Investigación en Psicología* 12(1), 113-130.
- [10] Espinosa M. et al. (2008). Producción de material didáctico: Los objetos de aprendizaje. *Revista iberoamericana de educación a distancia* 11(1), 81-105.
- [11] Rabajoli G. e Ibarra M. (2012). Recursos digitales para el aprendizaje. Recuperado: <http://www.webinar.org.ar/sites/default/files/actividad/documentos/Graciela%20rabajoli%20Webinar2012.pdf>
- [12] Pichazaca L. (2017). Causas que inciden en la pérdida del idioma Kichwa en el CECIB. Universidad Politécnica Salesiana.
- [13] González M. (2017). La educación intercultural: Un camino hacia la inclusión educativa. *Revista de educación inclusiva* 6(2).
- [14] Guzmán F. (2018). Los retos de la educación intercultural en el siglo XXI. *Revista latinoamericana de educación inclusiva* 12(1), 199-212.
- [15] Rojas G. (2019). Participación de los padres de familia en el proceso de enseñanza-aprendizaje en los niños de quinto de básica de la escuela de educación básica general. Universidad Politécnica Salesiana.
- [16] Orozco A. y Gallego A. (2012). El material didáctico para la construcción de aprendizajes significativos. *Revista Colombiana de ciencias sociales* 4(1), 101-108.
- [17] Sistema de Educación Intercultural Bilingüe. (2014). *Modelo del Sistema Intercultural Bilingüe*. Ecuador.

# Producciones literarias con evaluación auténtica para la generación de competencias comunicativas en educación básica

Luz Mary Cuellar González<sup>1</sup>

Ana Patricia León Urquijo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institución educativa San Calixto*

Colombia

<sup>2</sup> *Instituto Universitario de la Américas y el Caribe*

México

Ante el bajo resultado de las pruebas en los últimos años en la Institución Educativa San Calixto I.E., se encontraron insuficiencias académicas en el área de Lengua Castellana. Tanto en las evaluaciones internas, como en las externas, los estudiantes no alcanzan los puntajes esperados, denotando también bajos resultados en las competencias básicas de aprendizaje. Esto lleva a la dificultad en el desarrollo educativo en los estudiantes de 9° grado y se requiere implementar mejores estrategias que despierten los intereses, habilidades y actitudes para enfrentar este desafío que surge en su entorno educativo. ¿Qué diferencias existen en las competencias del aprendizaje de Lengua Castellana en dos grupos de estudiantes de 9° grado (A y B), si con el grupo A se implementa un programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación), y con el grupo B la evaluación tradicional establecida por la I.E.? Para encontrar dichos resultados se realiza una investigación en la que participan 65 estudiantes y 9 profesores. Este estudio conlleva a un análisis mixto de los datos recopilados por medio de tres instrumentos validados por especialistas y un programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica, elaborado e identificado con el vínculo de relación entre lo actitudinal, conceptual y procedimental, que buscan darles cumplimiento a los objetivos planteados. La relevancia de esta investigación radica en su capacidad para reconfigurar y modernizar el sistema de evaluación basado en fundamentos científicos, que se genera a partir de sistematizar la forma de desarrollar el derecho básico de aprendizaje DBA o los estándares curriculares. Por tanto, el logro o la valoración de la competencia esperada en los estudiantes se planifica desde promover competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales, consideradas como una integración dinámica que hace parte de un sistema de comprensión y acción, donde lleva a los estudiantes al desarrollo del saber pensar (conceptual), saber hacer (procedimental) y saber ser (actitudinal). Este proceso parte de una situación problemática que se identifica por los estudiantes, desarrollándose por la inmersión, transferencia y socialización. El primero se basa en un diagnóstico, el segundo en articulación de saberes y el tercero en la comunicación social mediante medios virtuales. Los resultados se interpretan a través de análisis descriptivo e inferencial para los instrumentos cuantitativos y para los cualitativos, donde se realiza una categorización abierta y selectiva. Se encuentra una evolución en las dimensiones de la competencia comunicativa de aprendizaje en Lengua Castellana con evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación), lo que indica que el programa incide de manera positiva en el grupo A. Se concluye que la transformación de las prácticas educativas, donde los estudiantes de 9° grado de las zonas rurales son partícipes de su proceso evaluativo, se logra la integridad de sus habilidades, intereses y saberes.

---

<sup>1</sup> Especialista en Lúdica y recreación para el desarrollo social y cultura, y Doctora en Educación. Contacto: [correo\\_anlusmar@yahoo.es](mailto:correo_anlusmar@yahoo.es)

<sup>2</sup> Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación. Contacto: [apleon12@gmail.com](mailto:apleon12@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

El Sistema Institucional de Evaluación para los Estudiantes SIEE es un proceso que requiere ser abordado desde una perspectiva integral de la evaluación auténtica; es necesario que a través de los currículos de las instituciones educativas se implementen estrategias de aprendizaje que favorezca el proceso de formación integral y el desarrollo de competencias comunicativas en los estudiantes. Al permitirse contribuir a la solución de las necesidades de la sociedad, es tiempo de reconocer que las prácticas educativas tradicionales no permiten identificar el desarrollo de competencias comunicativas de Lengua Castellana [1].

Con estos resultados obtenidos en las pruebas SABER que se realiza cada año en Colombia, el puntaje máximo de Lengua Castellana es de 500 puntos. En cuanto a los resultados de grado 9° en 2017 el promedio es de 308 puntos, en 2018 es de 282 y en 2019 es de 302. A nivel del departamento del Huila en 2017 el promedio es de 307 puntos, en 2018 es de 309 y en 2019 es de 302; en el Municipio de Suaza en 2017 el promedio es de 298 puntos, en 2018 es de 295 y en 2019 es de 299; en la Institución Educativa San Calixto en 2017 el promedio es de 287 puntos, en 2018 es de 290 y en 2019 es de 288 de promedio [2].

Estos resultados demuestran que los desempeños académicos de los estudiantes a nivel nacional en el área de Lengua Castellana son mínimos, lo que permite que se evidencie la necesidad que se requiere desde el quehacer pedagógico, en que cada Institución Educativa se diseñen nuevos sistemas de evaluación, con mayor seguridad y confianza a los estudiantes. A su vez, facilita el mejoramiento del proceso de enseñanza en el aprendizaje, de tal manera que se garantice a los estudiantes sistemas educativos que contribuyan al fortalecimiento académico del área de Lengua Castellana.

Además, de acuerdo con los resultados a nivel institucional se evidencia que la I.E. del municipio de Suaza, Colombia, cuenta con un promedio mínimo de puntos, el cual es cercano al obtenido en las pruebas a nivel nacional. Por lo tanto, con el desarrollo de esta investigación se puede conocer las necesidades e intereses de la población estudiantil, con el propósito de identificar si el sistema de evaluación tradicional puede ser mejorado a partir de la evaluación auténtica surge con los siguientes interrogantes:

- ¿Qué competencias comunicativas en el aprendizaje de la Lengua Castellana tienen los estudiantes de 9° grado de los grupos A y B que hacen parte de este estudio?
- ¿Cómo se fortalecen las competencias comunicativas para el aprendizaje de la Lengua Castellana a través de la evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) y dirigido a los estudiantes del grado Noveno A?
- ¿Qué estrategias permiten la implementación del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) para la generación de competencias comunicativas en los estudiantes del grupo A de lengua Castellana?
- ¿Cuáles son las diferencias en el desarrollo de competencias comunicativas para el aprendizaje de la Lengua Castellana de los estudiantes de 9° grado después de la aplicación del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica en el grupo A y evaluación tradicional en el grupo B?

Frente a estas insuficiencias se plantea esta propuesta investigativa educativa para responder a las necesidades de los estudiantes de 9° grado, donde consiste, que desde los currículos escolares los sistemas de evaluación se diseñen nuevas metodologías que permitan a los estudiantes relacionar su conocimiento a las vivencias presentadas en el contexto cotidiano. De esta manera se garantiza una educación de calidad, donde la prioridad sea formar seres capaces de desenvolverse en cualquier situación en la vida diaria.

Además, se pretende aumentar la participación en la clase de Lengua Castellana y a su vez, fortalecer la comunicación de manera asertiva en el desarrollo de competencias significativas y habilidades, siempre en busca incentivar el quehacer pedagógico de los profesores para innovar las metodologías en el aula, por consiguiente, se busca alcanzar: diagnosticar las competencias comunicativas en el aprendizaje de la Lengua Castellana de los estudiantes de 9° grado de los grupos A y B de la I. E. para el conocimiento de las condiciones iniciales antes de iniciar la intervención educativa; diseñar un programa educativo basado en

producciones literarias con evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) para el fortalecimiento de las competencias comunicativas en el aprendizaje de la Lengua Castellana dirigido al grupo A de estudiantes que hacen parte de este estudio.

Implementar el programa educativo basado en producciones literarias con el grupo A con evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) y con el grupo B con evaluación tradicional, para el fortalecimiento de las competencias comunicativas en el aprendizaje de la Lengua Castellana. Y Analizar las diferencias en el desarrollo de competencias comunicativas para el aprendizaje de la Lengua Castellana de los estudiantes de 9º grado después de la aplicación del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica en el grupo A y evaluación tradicional en el grupo B.

La evaluación auténtica en la educación es esencial en el proceso de aprendizaje del ser humano [3]. Se refleja en los resultados el progreso del aprendizaje de los estudiantes en las prácticas pedagógicas en las instituciones educativas, como también la capacidad adquirida para responder a las exigencias o problemáticas en el contexto interno y externo. De igual forma, se considera que con este programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica se pueden tomar decisiones íntegras, contextualizadas y efectivas en el proceso formativo de los estudiantes, esto permite identificar el vínculo de relación entre lo actitudinal, conceptual y procedimental, lo cual conduce a que ellos reconozcan sus verdaderas habilidades, actitudes y aptitudes [4].

En las bases teóricas, se lleva a cabo una conceptualización teórica de los tópicos principales y en este sentido se operacionalizan las variables orientadas al diseño de la propuesta educativa, también se aborda el objeto de estudio desde las bases conceptuales y empíricas que se relacionan con la propuesta del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica que incide en un abordaje de la importancia de las competencias comunicativas en el aprendizaje de Lengua Castellana, donde se citan argumentos del Ministerio de Educación Nacional MEN, al igual que [5], sobre evaluación auténtica que permiten orientar el proceso investigativo. Del mismo modo, se hace una descripción de la evaluación auténtica y su suceso en el desempeño académico de los estudiantes de básica secundaria.

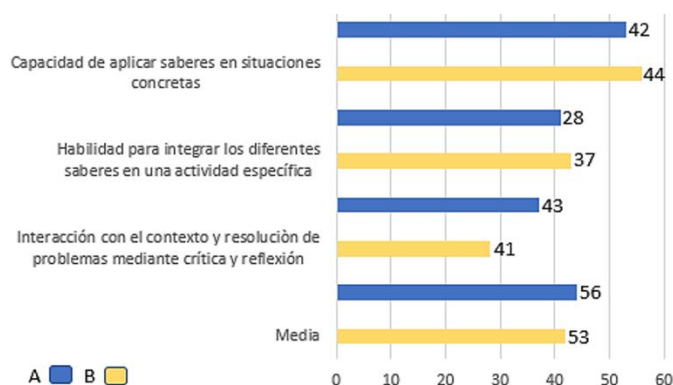
La relevancia de esta investigación radica en su capacidad para reconfigurar y modernizar el sistema de evaluación basado en fundamentos científicos, es decir, que se realiza una comparación bajo un programa educativo de producciones literarias. Se realiza una evaluación auténtica al grupo (A) donde esta fortalece las competencias comunicativas del aprendizaje, diferente con la aplicación de evaluación tradicional al grupo (B) para alcanzar la competitividad en los estudiantes de 9º grado en el área de Lengua Castellana, puesto que con el mejoramiento de estos resultados se infiere que los estudiantes puedan interpretar y desarrollar procesos de las diferentes áreas del conocimiento.

## 2. MÉTODO

El diseño metodológico se desarrolla a través del enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), por medio un análisis estadístico descriptivo e inferencial, donde participan individuos como objeto de estudio, se mencionó que a través de este diseño es posible realizar interpretaciones de datos reducidos y organizados. Además, se relacionan hechos reales que surgen durante la aplicación del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica y aplicación de la evaluación tradicional en el área de Lengua Castellana, lo cual permite analizar cuál de los dos sistemas es efectivo en el desarrollo de las competencias comunicativas del aprendizaje [6].

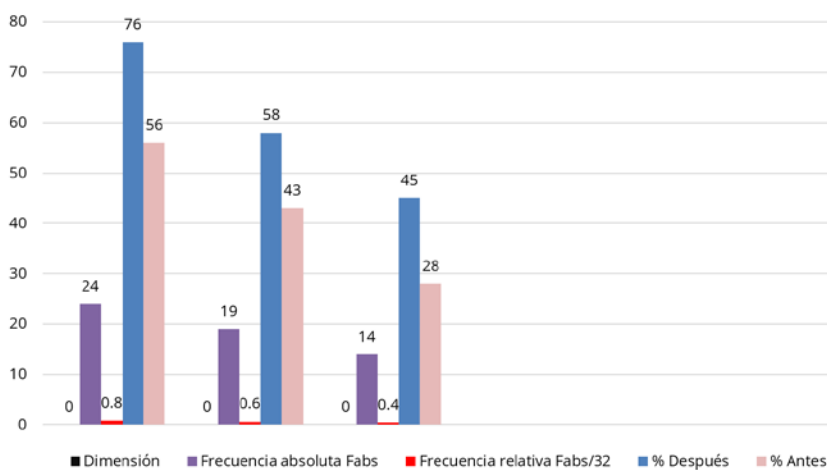
Esta investigación se desarrolla con planteamiento metodológico; durante el desarrollo del proceso investigativo, se puntualizan aspectos como la muestra de estudio [7], ejecutándose con 74 participantes y 9 profesores de la sede San Calixto y 65 estudiantes del grado 9º (13 a 16 años), 32 estudiantes del grupo A, a quienes se les aplica el Programa Educativo de producciones literarias con evaluación auténtica y 33 del grupo B con aplicación de la evaluación tradicional del grupo control en educación básica secundaria. En este caso se plantea una hipótesis de investigación y una nula, se considera a la hipótesis como una proposición en la cual se exponen las posibles soluciones o resultados que son analizados y comprobados a partir de un problema de la I. E.

Con los resultados cuantitativos de la investigación, primero se da a conocer los logros alcanzados por medio de un análisis descriptivo de los datos, que permite inferir los resultados del cuestionario inicial, conformado por 18 preguntas de selección múltiple, las cuales permite analizar la competencia de aprendizaje en Lengua Castellana, se alcanza por los 65 estudiantes de noveno antes de la aplicación del programa educativo al grupo A, donde se analizan las tres dimensiones que refleja un comparativo entre el grupo A y B. En la dimensión capacidad, al aplicar saberes en situaciones concretas, en cuanto a la habilidad para integrar los diferentes saberes en una actividad específica y en la dimensión interacción con el contexto y resolución de problemas mediante crítica y reflexión, se permitió inferir que el grupo A, al inicio presenta mayor dificultad en la competencia comunicativa de aprendizaje en Lengua Castellana con una diferencia de 2 puntos, como se observa en la Figura 1.



**Figura 1.** Comparativo entre grupo A y B antes de aplicar el programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica

En la Figura 2, se observa un comparativo sobre la evolución de la competencia de aprendizaje en lengua Castellana en los estudiantes del 9° grado, grupo A, a quienes se les aplica el programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica, en todas las dimensiones hay una evolución de 20%, 15% y 17%, indican que el programa incide de manera positiva en el grado Noveno del grupo A [8]. Se Describe que la evaluación auténtica incide de manera positiva en los estudiantes porque permite desarrollar competencias que lo llevan a apreciar, estimar y emitir juicios sobre los procesos de aprendizajes con el fin de elevar y mantener la calidad de estos.

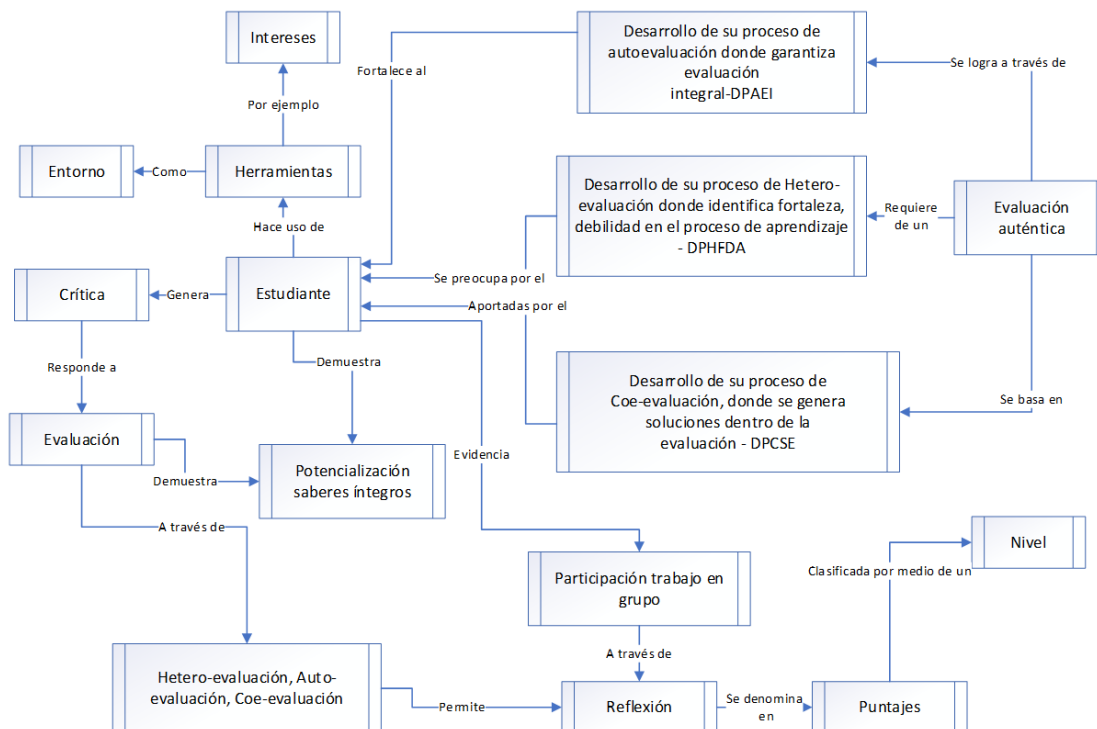


**Figura 2.** Comparativo antes y después aplicación del programa Grupo A

En esta investigación se permite revisar antes de la intervención de la propuesta, qué percepción tienen los estudiantes y profesores sobre la evaluación tradicional y después de la implementación del programa educativo producciones literarias con evaluación auténtica para el fortalecimiento de las competencias comunicativas para el aprendizaje de lengua castellana.

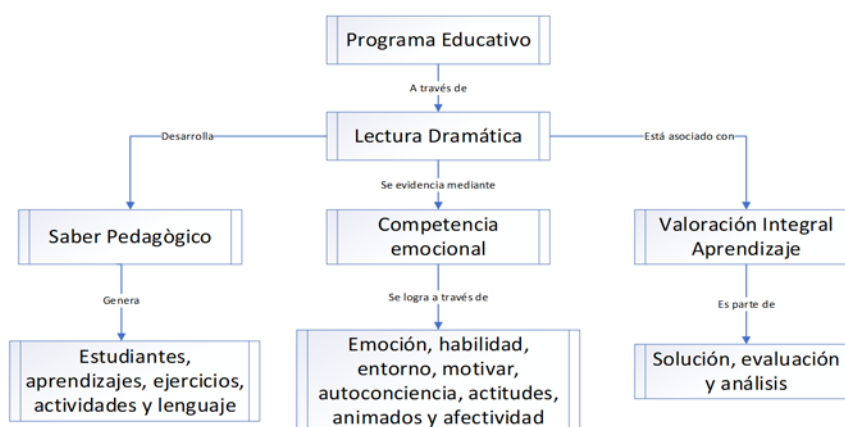
Los datos cualitativos se logran con la intervención en el proceso de registro de las notas de campo y la rejilla de observación en cada fase propuesta en el programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica. Seguidamente, para organizar los datos cualitativos de la rejilla de observación,

entrevista semiestructurada aplicada a los estudiantes y profesores objeto de estudio (Figura 3), se prepara y organiza los datos en Excel y luego se guarda en formato pdf, para así ingresarlos al software Atlas. Ti. Después, en esta herramienta, se exploran los datos con el propósito de determinar patrones, ideas repetidas o las palabras con mayor recurrencia, resaltadas a través de colores para cada dimensión, seguidamente se desarrolla un sistema de codificación, se establece un grupo de códigos para categorizar e interpretar la categoría que se pretende lograr con los objetivos propuestos.



**Figura 3.** Triangulación de datos de la entrevista a profesores después de aplicar el programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica

Con el Atlas ti se emplea el instrumento de la rejilla de observación, en esta investigación se lleva a cabo en este proceso para evidenciar a través de observación directa la implementación y análisis del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica al grupo (A) (Figura 4).



**Figura 4.** Interpretación Sesión IV

Por consiguiente, en la Figura 5 se hace la presentación de una estructura del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica de manera integral, es así que, para comprender, es necesario definir y comprender el concepto de las tres competencias, en este caso, la postura de [9], refiere que el saber pensar se considera como la capacidad que se desarrolla para adquirir un conjunto de conocimientos mediante actividades que hacen parte de su diario vivir, donde estas mejoran constantemente cuando se nutren con los nuevos saberes cognitivos orientados por el profesor en el aula de clase con el fin de construir un nuevo saber o conocimiento.



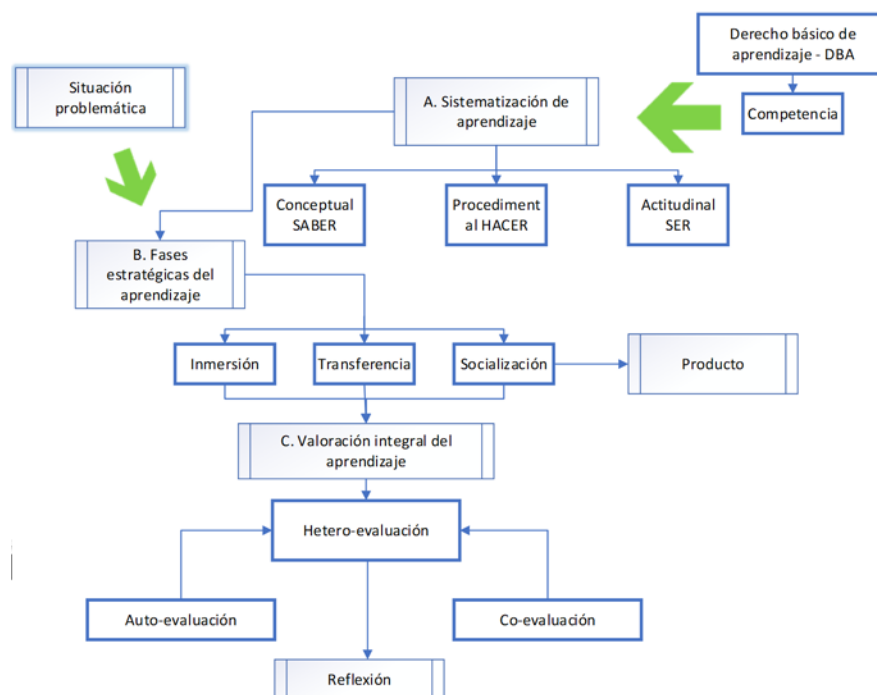


Figura 5. Estructura del programa Educativo de producciones literarias con evaluación auténtica

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Luego en el análisis inferencial de los datos, según el aporte de [10]. El análisis estadístico para la toma de decisiones se aplica la prueba *t* de *student* (Tabla 1): los resultados arrojados en SPSS permiten inferir que el  $\alpha$  = (valor) es menor de 0,05 como se evidencia que el programa educativo en la evaluación auténtica genera una diferencia, donde evoluciona la competencia comunicativa de aprendizaje en lengua castellana como se deriva en el análisis descriptivo.

Tabla 1. Prueba *t student*

PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS								
Diferencias emparejadas								
			95% intervalo de confianza de la diferencia					
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error Promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
COMPETENCIA APRENDIZAJE Después	-4,273	4,368	0,760	-5,822	-2,724	-5,619	32	0,000

#### 3.1 Las competencias comunicativas en el aprendizaje de la Lengua Castellana que tenían los estudiantes de 9º grado de los grupos A y B que hacen parte de este estudio

A través del cuestionario, como instrumento cuantitativo se aplicó antes de la intervención del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica al grupo A y B, con el fin de poder identificar el nivel de competencias comunicativas de aprendizaje y la evolución de los estudiantes. Inicialmente en el grupo B se logra un mayor promedio entre las tres dimensiones que el grupo A, en el que se infiere que a los estudiantes de estos dos grupos les hizo falta aplicar los saberes construidos en situaciones concretas y principalmente en el grupo A, a través de las características propias de la comunicación, de la interacción y de pensar con argumentos [11].

Se describe que en el proceso de la enseñanza del lenguaje; es el desarrollo de la capacidad de aplicar el saber en situaciones concretas, adquirir habilidades para integrar los diferentes conocimientos en una actividad específica, interactuar con el contexto y resolver problemas mediante la crítica y la reflexión y la comunicación, como también transmitir pensamientos, ideas a través de diálogo abiertos y comprensivos.

Estos factores son claves a la hora de expresar y justificar sus ideas o conceptos que los hace competentes para disipar situaciones de toma de decisiones, la forma de pensar con argumentos comprobables y las interacciones sociales que se ven reflejadas en la práctica del aprendizaje en lengua castellana en los estudiantes.

En este sentido la necesidad de aplicar un programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica se considera como un proceso que valora los saberes de manera integral, donde los conocimientos alcanzados son útiles porque le permitió a los estudiantes desarrollar habilidades, actitudes e interactuar con el contexto, razón por la cual el diseño y aplicación de un programa educativo permite la valoración de la capacidad de aplicación de los conocimientos adquiridos en situaciones de la vida real, es así que, con el desarrollo integral de los diferentes saberes los estudiantes logran y aprenden a comunicarse con su contexto socio cultural.

### **3.2 Para fortalecer las competencias comunicativas para el aprendizaje de la Lengua Castellana a través de la evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) en los estudiantes del grado Noveno A**

Con la implementación del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica, sí hay fortaleza a través de la capacidad integral, actitud reflexiva y la resolución de problemas en comparación con las otras dos dimensiones [12]. A partir de los procesos educativos integrales de los contextos y la capacidad de los estudiantes para aplicar saberes en situaciones concretas, los hizo competentes ante situaciones problemáticas, donde son capaces de tomar decisiones a través del uso de la lengua con argumentos y conocimientos íntegros adquiridos mediante interacciones sociales.

Por tanto, se hizo necesario potenciar en los estudiantes hábitos de estudio, destrezas, actitudes y herramientas requeridas para la construcción en el aprendizaje de Lengua Castellana por medio acciones o programas educativos que respondan a los intereses de los estudiantes y se desarrollen saberes integrales para la formación de una persona reflexiva ante las situaciones problemáticas del contexto.

Por lo anterior, los estudiantes del grado noveno, por medio de la aplicación y el desarrollo de la evaluación auténtica que existe entre la relación con los instrumentos de evaluación en las rúbricas (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) son coherentes con los documentos institucionales para poder determinar sus verdaderos niveles de aprendizaje con la evaluación auténtica: La auto-evaluación es un elemento fundamental dentro del programas educativos, debido a que permite espacios en los que los estudiantes puedan reflexionar sobre sus procesos educativos, a través de la identificación de fortalezas y debilidades, como también por medio de este proceso en el programa educativo, los estudiantes se transforman en un individuo activo en sus aprendizajes.

La Coevaluación en el programa educativo es un proceso de evaluación donde los estudiantes son partícipes de las actividades evaluativas donde esta técnica se utiliza para que el grupo tenga la oportunidad de analizar el trabajo realizado por los estudiantes y sus padres, donde se fortalece la comunicación entre miembros de un grupo que da y recibe comentarios, sugerencias que ayudan a mejorar las habilidades que posee cada individuo y las habilidades creadas a través del trabajo en equipo con los compañeros.

La heteroevaluación es el proceso que posibilitó a los profesores desarrollar la valoración sobre los conocimientos y competencias formadas en los estudiantes, se conceptualizó este proceso al vínculo con las evaluaciones implementadas por el ICFES, para conocer los niveles de desempeño académico de los estudiantes y el desarrollo de competencias. Se facilitó la interacción en los diferentes contextos y la resolución de problemáticas y así por medio de esta evaluación, se genera una valoración integral de la población estudiantil que es fundamental durante el aprendizaje de la Lengua Castellana.

Se expuso una serie de argumentos que evidencian la necesidad de establecer acciones valorativas apropiadas para reconocer las competencias y habilidades desarrolladas en los estudiantes, con procedimientos que se ajusten a sus necesidades e intereses dentro de un contexto.

### **3.3 Las estrategias permiten la implementación del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) para la generación de competencias comunicativas en los estudiantes del grupo A de lengua Castellana**

La estructura del programa educativo responde a los estándares curriculares del Ministerio de Educación Nacional y se desarrolla bajo las competencias de los estudiantes de saber, hacer y ser. Además, se plantea estrategias que incentivan el proceso de aprendizaje de los estudiantes, se logra buscar diferentes soluciones a una problemática, desarrollan sus habilidades y son evaluados por medio de tres procesos denominados, heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación.

De lo anterior, se incide en la práctica educativa que implementan los profesores en el proceso de enseñanza. Con el diseño y aplicación de un programa educativo permite la valoración de la capacidad de desarrollar los conocimientos adquiridos en situaciones de la vida real, transformados en una pregunta para luego responderla en los momentos de la planeación o estructura de la clase desde la inmersión, transferencia y socialización para integrarlos en los diferentes saberes y aprenden a comunicarse con su contexto socio cultural.

Se alcanza este propósito de orientar los procesos auténticos integrales, brindándose a los estudiantes la capacidad de valorar sus propios saberes alcanzados como también la retroalimentación de los mismos, con el objetivo de mejorar en su quehacer cotidiano por medio de la integridad de los saberes como también responder a las exigencias internas y externas de los procesos evaluativos [13]. Se expresa que los saberes deben permitir a los estudiantes desenvolverse en su contexto y transmitirlos en la vida práctica, de manera que tenga la capacidad de interactuar con el contexto, y así pueda dar a conocer sus saberes, conocimientos y percepciones.

### **3.4 Las diferencias en el desarrollo de competencias comunicativas para el aprendizaje de la Lengua Castellana de los estudiantes de 9º grado después de la aplicación del programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica en el grupo A y evaluación tradicional en el grupo B**

Al existir diferencias en las competencias comunicativas en el aprendizaje de Lengua Castellana en la comparación de los resultados alcanzadas por los estudiantes de los dos grupos de 9º grado (A y B), aplicándose un programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) con el grupo A y evaluación tradicional con el grupo B [13]. Los estudiantes deben desenvolverse en su vida diaria y transmitir sus saberes a la vida práctica, es así que los saberes adquiridos por los estudiantes deben trascender en el quehacer de las actividades cotidianas y esto se logra a través del desarrollo de competencias de aprendizaje.

Por tanto, se requiere de una transformación de la práctica de enseñanza del área de lengua Castellana donde se haga uso de una evaluación auténtica [14]. Se resalta en la importancia de esta evaluación porque comprende las actividades de los profesores donde los estudiantes tienen la capacidad de evaluarse a sí mismos con objetividad, descripción y explicación ante el aprendizaje adquirido.

El conocimiento debe ser aplicable desde las diferentes esferas de la vida para la resolución de problemas, los estudiantes son capaces de reflexionar ante una situación problemática y a través de los saberes o conocimientos cumplir una función social. Por tanto, desde el aula se buscan acciones que lleven a los estudiantes a reflexionar sobre los saberes que adquieren dentro de su formación y los trascienda en situaciones prácticas [15].

Consideran que, en los métodos de enseñanza y aprendizaje, se puede desarrollar en los estudiantes un proceso de autoconciencia reflexiva que ayuden en sus desempeños en el diario vivir, como también responder ante los procesos de evaluación. Es así que, se requiere de la comunicación pensada en la que los estudiantes manejen el diálogo fundado en el pensar desde las necesidades de transmitir y recibir por medio de la comunicación el cambio social, comunicación clara e interactiva, comunicación lógica y pensar con argumentos.

#### 4. CONCLUSIONES

Con esta investigación se concluye que la propuesta de un programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica, se encamina en valorar las capacidades de cada estudiante, donde se fortalecen sus habilidades en tres fases: desde que inicia la inmersión, transferencia y finaliza el proceso socialización.

Se desarrollan las prácticas educativas que tiene en cuenta las habilidades que se encuentran en las aulas, donde el actuar de los profesores se dirige como un acompañamiento, en el cual los estudiantes se sienten útiles día a día en el entorno escolar que habitan, por lo que, con las fases, son capaces de dar solución a una problemática identificada por ellos mismos. Además, en el desarrollo de esas fases se plantean momentos de evaluación como la heteroevaluación, la coevaluación y la autoevaluación.

En cuanto a la entrevista semiestructurada de evaluación auténtica, los resultados son significativos, la categorización permite conocer que se debe tener prioridad dentro de la evaluación auténtica, la articulación del contexto, porque a través de la codificación se genera una nueva categoría que resulta de las recurrencias de las expresiones de los estudiantes y profesores en la interacción con el contexto y resolución de problemas mediante la crítica y la reflexión. Entonces, se concluye que la evaluación auténtica, contribuye a la formación de estudiantes capaces de participar en los diferentes contextos donde interactúan con frecuencia, en el que a partir de sus conocimientos dan solución a situaciones problemas que se presenta en la cotidianidad y que se relaciona con las habilidades desarrolladas para integrar los diferentes saberes.

Con este estudio, se determinan fortalezas y oportunidades, donde se logra crear redes de confianza entre profesor y estudiantes, con el fin de que tengan la posibilidad de cuestionarse y reflexionar ante los procesos. Además, se generan espacios flexibles acordes a los intereses y necesidades de ellos, donde buscan valorar sus aprendizajes desde el desarrollo cognitivo, procedimental y actitudinal. Donde están dispuestos a ser valorados por otros, por el profesor y por sí mismos. Dentro, de las debilidades se encuentra la negación de algunos profesores para la transformación del pensamiento tradicional que se acostumbra a una evaluación sumativa.

En la comparación de los resultados del cuestionario final aplicado a los grupos A y B, se determina que el grupo A obtiene mejores resultados en las dimensiones: la capacidad para aplicar saberes en situaciones concretas, habilidad para integrar los diferentes saberes en una actividad específica, la interacción con el contexto y resolución de problemas mediante crítica y reflexión, mientras que el grupo B ligeramente tiene cambios con respecto a los resultados iniciales, por lo que se infiere que la aplicación del programa educativo de evaluación auténtica incide en el fortalecimiento de las competencias de aprendizaje en Lengua Castellana.

Los resultados del cuestionario final logrados a través del SPSS sobre la variable competencia de aprendizaje de la Lengua Castellana, se pudo realizar una interpretación al grupo A antes y después de implementar el programa educativo de producciones literarias con evaluación auténtica, donde se determina la evolución de las competencias comunicativas, de 14 preguntas acertadas incrementan a 18 preguntas formuladas, y el valor final mínimo que se logra en los estudiantes en el cuestionario es de cuatro preguntas a pasar a cinco preguntas, se determina un rango de 10 a 13, evidenciándose un incremento en el desarrollo de las competencias comunicativas.

Con todo se indica que la evaluación auténtica es necesaria en todas las fases del proceso formativo, pero esta requiere de la reflexión, análisis y capacidad crítica desde las acciones individuales y grupales. Es así que, este proceso permite el desarrollo de las habilidades de aprendizaje y este a su vez ayuda a comprender la idea principal del texto para que adquieran nuevos conocimientos y permitan a los estudiantes interactuar de manera efectiva en su entorno diario y así contribuir al fortalecimiento de las competencias comunicativas.

## REFERENCIAS

- [1] Castro I. et al. (2016). Conocimiento conceptual y procedimental en matemáticas: Su evolución tras décadas de investigación. *Revista de educación*.
- [2] ICFES. (2023). Pruebas Saber 3°, 5°, 7° y 9°. Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior.
- [3] Brown S. (2015). La evaluación auténtica: El uso de la evaluación para ayudar a el estudiante a aprender. *Relieve* 21(2), 1-10.
- [4] Atienza R. y Valencia A. (2019). Autoevaluación y evaluación compartida a través del uso de rúbricas. Una experiencia en educación primaria. *Revista IEYA* 5(2), 40 - 47.
- [5] Valencia H. et al. (2019). La necesidad de gestionar didácticamente la evaluación de competencias en la secundaria básica. *Mikarimin: Científica Multidisciplinaria* 5(3), 107-120.
- [6] Urra E. et al. (2014). Enfoques de estudios de casos en la investigación de enfermería. Scielo.
- [7] Hernández R. et al. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- [8] Ministerio de Educación Nacional. (1997). Evaluación en el aula y más allá de ella: Lineamientos para la educación preescolar, básica y media. Biblioteca CECAR.
- [9] Pérez G. (2012). Estructura del desempeño idóneo: Saber hacer, saber conocer y saber ser en la formación por competencia. *Revista electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social* 7(12), 169-181.
- [10] Hernández Z. (2012). Métodos de análisis de datos: Apuntes. Universidad de la Rioja.
- [11] Escobar D. y Llumiquinga L. (2018). Estilos de aprendizaje en estudiantes de 1ero, 4to y 9no semestre de la carrera de Psicología Educativa y Orientación de la Universidad Central del Ecuador, de la ciudad de Quito, en el período marzo-agosto 2017. *Disertación doctoral*. UCE, Ecuador.
- [12] Torres A. et al. (2014). Las competencias profesores: El desafío de la educación superior. *Innovación Educativa* 14(66), 129-146.
- [13] Perrenoud P. (2008). Construir las competencias, ¿es darles la espalda a los saberes? *Docencia universitaria* 6(2), 1-8.
- [14] García M. (2022). Nuevas modalidades de evaluación, auto planificación, autorregulación y autoevaluación. *Evaluación y política educativa* 3, 61-71.
- [15] Shoulders T. y Krei M. (2015). Rural high school teachers' self-efficacy in student engagement, instructional strategies, and classroom management. *American Secondary Education* 44(1), 50-61.

# Diálogos intercríticos entre saber pedagógico y currículo en las Escuelas normales superiores de Antioquia, Colombia

Juan Esteban Quiñones Idárraga<sup>1</sup>  
*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia*

En este capítulo se analizan los escenarios de diálogo intercrítico entre el saber pedagógico y el currículo en algunas Escuelas Normales Superiores ENS de Antioquia, Colombia. Para fortalecer los puntos de colocación epistémica se aborda, en primer lugar la categoría *Saber* y luego se realiza un recorrido teórico sobre la concepción de la pedagogía como campo disciplinar y profesional. En este campo se produce un saber pedagógico derivado de las prácticas docentes que se pone en conversación desde el campo curricular. Finalmente, se expone el camino metodológico, el cual se fundamenta en una mirada histórico-hermenéutica, un mapa rizoma-sensible y una herramienta metodológica biográfico-narrativa. En última instancia, se concluye que la formación de profesores en las ENS está anclada a un concepto histórico, pero no de historicidad, y que la práctica pedagógica es un puente que facilita el diálogo intercrítico entre el saber pedagógico y el currículo.

---

<sup>1</sup> Licenciado en Educación Básica, Especialista en Gerencia Educativa, Especialista en Evaluación Pedagógica, Magíster en Educación y Doctor en Educación. Contacto: [juan.quinones@uniminuto.edu.co](mailto:juan.quinones@uniminuto.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta historia comienza con la inquietud, con la indagación, con el amor a la educación, la cual es diversa, es distinta y amplia. Es en ese paraíso inmenso en donde se tejen los hilos de esta historia: desde la necesidad de cuestionar el campo de la pedagogía y el currículo en la formación inicial de los profesores que se da en las Escuelas Normales Superiores, instituciones pensadas para profesores y por los profesores, aquellos que buscan los espacios para mejorar sus prácticas, dado que en estos lugares se ofrece formación, cualificación, acceso a las tecnologías, acercamiento al mundo, acercamiento teórico a las concepciones de pedagogía, didáctica, currículo y principalmente reflexión constante.

Estos elementos reunidos (profesores, recursos y programas) son los que aportan a construir ese sueño de formar educadores para lo diverso y lo amplio, dando pinceladas al paraíso inmenso llamado educación. Pero esta evolución no se analiza, no se estandariza; por lo contrario, se lee, se siente, se interioriza y se comprende.

Paso a paso, palabra a palabra, se podrá ver cómo la Escuela Normal se llena de vida académica y pedagógica, cumpliendo un sueño, y cobrando sentido, ya que no son solo edificios, pues son organismos vivos actuando en este maravilloso lugar llamado *Escuela*.

Antes de iniciar es importante reconocer el punto de partida de este trabajo: entender qué significan las Escuelas Normales Superiores en varios territorios del país, pues estas tienen el rol de formar profesores para la educación inicial, preescolar y primaria de los niveles educativos en Colombia, teniendo un especial impacto en la ruralidad de nuestro país.

En este sentido, las ENS, como mayores formadoras de profesores para los lugares apartados del país, son determinantes en la configuración de saber pedagógico y currículo desde la práctica pedagógica de los profesores. Actualmente el país cuenta con 137 Escuelas Normales, de las cuales 23 están ubicadas en el Departamento de Antioquia, cuyos criterios de selección están establecidos en el camino metodológico de la disertación doctoral.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 De la génesis a la concepción de pedagogía que nos une

En esta ruta teórica es indispensable comprender, cómo se ha reiterado muchas veces, el punto de colocación epistémica desde donde partimos para enunciar un concepto, es así como se emprende el camino de develar la pedagogía y sus caminos, su orígenes y su concepción, teniendo presente que la pedagogía, como muchos otros conceptos (evaluación, currículo, didáctica, entre otros) debe aclararse antes de abordarse [1]; sin embargo es importante precisar que este ejercicio no será un disertar etimológico y ontológico del concepto, sino un discurrir conceptual para llegar a un punto de partida en común.

A lo largo de la historia la pedagogía se ha entendido desde diversas perspectivas, lo cual ha llevado a que su definición sea particularmente amplia. En la antigüedad, por su origen etimológico, el término era empleado para referirse al direccionamiento de los niños, de ahí que hoy en día muchas personas asocian la noción a la enseñanza de la infancia. Entre tanto, son muchos los postulados que han buscado el establecimiento de la pedagogía como la ciencia de la educación o, cuando menos, como una de las ciencias de la educación. Sin embargo, ésta no se ha consolidado como tal dado que, por un lado, no es posible abordarla desde un único objeto de estudio ni una metodología universal [2]; y, por otro, porque su estudio no se centra en el desarrollo de leyes totalitarias, teorías falibles, ni pretende dar con verdades absolutas, sino por el contrario, procura el cuestionamiento, la indagación, la observación, la experimentación y la reevaluación de los asuntos referentes a la educación.

A partir de lo anterior, se asume y apoya el enfoque de *campo disciplinar* como el más completo e integrador que abarca los distintos planteamientos que se han formulado en torno a la pedagogía, de manera que, al

declarar a la pedagogía como un campo disciplinar se le atribuye un aspecto más integrador, tan diverso y dinámico que la hace susceptible de ser estudiada por los múltiples saberes específicos, teóricos, prácticos y saberes otros. Por consiguiente, la pedagogía no solamente da cuenta de un conocimiento sobre la educación y la formación, sino que produce conocimientos propios que pueden ser compartidos y aprendidos.

Desde este punto de vista, toda reflexión pedagógica involucra, inevitablemente, los aportes de otras disciplinas y saberes, debido a su carácter multidimensional y heterogéneo, tanto así que en el ejercicio de lo discursivo, lo reflexivo y en la construcción de las preguntas del sujeto que aprende y enseña, se puede observar que no existe pedagogía, dejando fuera la deliberación filosófica que desde la antropología se teje sobre el ser humano, así como la antropología no puede dejar al margen los fundamentos pedagógicos [3].

Dicho de otra manera, se entiende que la pedagogía pareciese deleznable en el ámbito científico, pero a su vez indeleble en el discurso del profesor, entonces, de dónde surge la pedagogía como parte del discurso del profesor:

*El surgimiento de la pedagogía tiene que ver entonces con el hecho de que se consolida una conciencia social acerca de que solo de la experiencia (de la costumbre) no se pueden sacar reglas, ni saberes pedagógicos justificados, para fundamentar la forma "correcta" de la praxis educativa. El intento de conseguir reglas para la acción –educativa– práctica solo mediante (la observación de) lo practicado (de lo hecho por costumbre) se vuelve un asunto cuestionable dentro de la reflexión pedagógica. Con ello se presenta el problema de la fundamentación y legitimación –el tener que dar razones–. Pero todo ello tiene que ver también con una suerte de decepción cultural, social, histórica y educativa que provoca o lleva a la pregunta por el cómo y para qué de la educación y hace que surja la necesidad de un pensamiento pedagógico coherente [3].*

En este sentido, y partiendo de las reflexiones que se han venido presentando en el desarrollo de este texto es necesario reconocer que la pedagogía tiene una estrecha relación con la educación, y que si bien el término educación alude a una cuestión social, tanto para los individuos como para las instituciones y los discursos, la investigación sobre la conceptualización de la misma producida por los organismos internacionales es poco criticada y goza de muchísima aceptación y prestigio [4], situación que genera poca cientificidad frente a la relación educación y pedagogía, dado que delegamos la construcción conceptual del campo de la pedagogía a organismos como UNESCO y ONU, entre otros; que básicamente hacen la relación de la educación con términos específicos de la sustentabilidad o de los desafíos económicos que enfrenta el mundo, no con ello se relega su importancia, pero no atiende a la cientificidad del campo que se viene discutiendo.

Finalmente, para terminar el esbozo de este concepto que nos une, es importante resaltar que al comprender la pedagogía como un campo disciplinar y profesional [5], es necesario comprender que hablamos de un espacio multidisciplinar, flexible y dinámico, cuyo objeto central tiene que ver con la producción de saber – de saber pedagógico – [3], pero a su vez nos muestra las relaciones que establecemos con los diferentes campos de la práctica y sus relaciones con los profesores que la reflexionan, la comprenden y la viven desde su ser profesional y disciplinar.

## **2.2 El saber pedagógico, un saber que se reflexiona**

Como se ha venido abordando a lo largo de este documento, desde las preconcepciones de saber pedagógico se han traído a colación las posturas de Zuluaga, Tezanos, Fandiño y Bermúdez y Soto et al., entre otros, que desde sus concepciones plantean las formas como se reflexiona la pedagogía en las prácticas pedagógicas del profesor.

Es importante tener en cuenta que la concepción de saber pedagógico sobre la cual se parte, no es aquella que se limita estrictamente a aquello que sabe el profesor, tampoco es una simple reflexión sobre la práctica. Es un saber, no una ciencia [6], partiendo entonces de estas concepciones, es importante resaltar cómo se ha venido entendiendo este concepto desde miradas históricas, particularmente desde ese contexto alemán (pedagogías de las ciencias del espíritu) donde existe una concepción del saber cómo orientador de la práctica, un saber pedagógico que permite la *soberanía espiritual* del profesor. En este



sentido, la pedagogía se convierte en el saber pedagógico del profesor [3], una concepción que aún se queda arraigada a nuestras formas de ver el mundo, donde tenemos un profesor que, desde sus estrategias de enseñanza, de transmisión de conocimiento o de control disciplinar, se asume que esas acciones son las que finalmente componen el campo de la pedagogía y por ende la definición de ese saber que habita el profesor.

En ese orden de ideas, se sigue asumiendo la pedagogía como el arte de enseñar a los niños desde una definición netamente etimológica, lo que imposibilita habitar la misma desde un campo de tensiones que se construye desde lo profesional y disciplinar, sin embargo, en ese trasegar que ha transcurrido la pedagogía en la Escuela normal desde hace más de 200 años<sup>2</sup> se ha venido transformando en un proceso de reflexión en torno a la formación, y desde 1999<sup>3</sup> una pedagogía totalmente atada a la construcción de saber pedagógico desde los procesos de investigación nacidos en la práctica, es así como el:

*Accionar educativo, pedagógico y organizado se va apoyando cada vez más en formas de saber sistemático, es decir, en un saber que continuamente se establece de una manera organizada en un ámbito específico (que podemos llamar pedagogía o disciplina pedagógica) y que se transmite mediante procesos de formación formal (hoy en día universitarios). Se trata de un saber que acompaña al actuar pedagógico, al hacer en la praxis laboral, y que con ello se llega a la distinción y separación con respecto al simple saber y actuar cotidianos [3].*

De esta y otras disertaciones, resulta importante reafirmar que este ejercicio de concepción de saber, se reduce y limita la práctica del profesor, y a su vez reduce el campo de teorización y epistemologización de la pedagogía, minimizando al hacer y al transmitir las concepciones de saber pedagógico, razón por la cual los desarrollos de Zuluaga y de Tezanos configuran un espacio de posibilidad para reaprender y re comprender el saber pedagógico como ese ejercicio central de reflexión de la pedagogía desde el ser del profesor y no solo desde el hacer entendido como mera transmisión de conocimientos.

Es necesario recalcar que el saber pedagógico no es el nombre teórico que pretende reemplazar las concepciones de pedagogía, educación, currículo, didáctica o ciencias de la educación [7], por el contrario, es un espacio, un campo de tensiones e interacciones entre todas estas teorías mediante la práctica del profesor en la cual reflexiona, se cuestiona; lo anterior, dentro de un campo profesional y disciplinar denominado Pedagogía.

Por todo esto, siempre será determinante tener en cuenta que el profesor es un actor en la construcción de la memoria activa del saber pedagógico, entendida como ese conjunto de problematizaciones, nociones, conceptos, objetos de saber que cobran presencia en la actualidad de un saber [7], una memoria activa que cobra sentido desde la historicidad de la pedagogía, pero que trasciende los espacios de la escuela [6], en definitiva un saber pedagógico que hace parte del ADN del profesor, de ese sujeto que enseña que reflexiona su práctica para transformar y aportar a las concepciones de pedagogía como campo disciplinar y profesional.

### 2.3 Cómo entendemos el currículo

Una vez que se ha delimitado cuál es nuestro punto de ubicación epistémica en torno al saber, la pedagogía y el saber pedagógico, a continuación, la discusión abreva en torno al currículo. En ese sentido es importante tener en cuenta que las teorías evolucionan y cambian, por tanto, es claro afirmar que ninguna teoría o práctica proporcionan un punto de referencia estable para el estudio del currículo [8].

Registrado esto, cuando se inicia el proceso de conceptualización del currículo, siempre se parte de dar respuesta a las preguntas: ¿Qué es el currículo? ¿Qué clase de *cosa* es para que podamos tener teorías acerca de él? En este sentido, aquellos que se dedican a teorizar el concepto responden estas preguntas [8], y a partir de estas disertaciones se obtienen sus definiciones, las cuales varían y van desde lo que ocurre en

---

<sup>2</sup> En 1822 se abrió la primera escuela normal por el método lancasteriano en Bogotá, bajo la dirección de Fray Sebastián Mora, siendo más antigua que las Facultades de Educación en Colombia.

<sup>3</sup> Fecha en la que el Ministerio de Educación Nacional obliga a las Escuelas Normales a crear los Ciclos Complementarios (hoy Programas de Formación Complementaria) enfocados en condiciones de calidad de los programas de educación superior en el país.

la escuela, entendido como un todo (incluyendo los conceptos relacionales, familiares, académicos, didácticos, operativos, entre otros), o las que se hacen únicamente con los estudiantes, entendiendo esta última desde una mirada instrumental donde se minimiza el rol del currículo a un asunto concreto, determinado diseño curricular o plan de estudios.

Partiendo de estas realidades teóricas que se vienen abordando, se quiere hacer hincapié en eso que conocemos por currículo, entendido como aquello que se hace en la escuela, específicamente en el aula en relación a los contenidos (como se había presentado previamente). Un currículo que se reduce a una mirada instrumental y que se limita a las habilidades y posibilidades del diseño curricular y sus niveles de concreción, y aunque esa no es la invitación a la conceptualización, es determinante reconocer esa mirada, dado que los profesores de las escuelas normales en su ejercicio de poner en diálogo el currículo en el aula parten desde esta concepción en la cual son formados, concepción que los lleva a posicionar el ejercicio pedagógico solo en función de la enseñanza y el aprendizaje [9].

En esta línea discursiva se asume al campo curricular como el espacio asociado a la educación, donde convergen definiciones y situaciones distintas a partir de las cuales se negocian significados [10], que en suma buscan comprender esas realidades comunes de la escuela [11], para acotar el conocimiento que circulará en las aulas desde la dinamización de las prácticas pedagógicas y el ejercicio profesional del profesor; en este orden de ideas, asumir el currículo como campo de tensiones posibilita que las teorías que circulan alrededor de este concepto no se encasillen, sino que dialoguen y generen cuestionamientos, inquietudes y posibles nuevas ideas en función de la transformación social.

Esta reflexión será incompleta *si ubicamos las teorías del currículo en un campo puramente epistemológico, en un escenario de teorías puras* [12], por el contrario, este diálogo epistémico debe darse en el marco de la pedagogía como otro campo de tensiones del saber profesional y disciplinar [3], donde el currículo interactúa de forma consciente, intencionada. Partiendo de estos argumentos, se busca comprender cómo el saber pedagógico y el currículo dialogan de manera inter-crítica en la escuela normal, no con ejercicios derivados de la suerte o de las planeaciones no intencionadas, o en casos aún más preocupantes, en el escenario del desconocimiento del profesor, sino que se alinean desde las prácticas pedagógicas con el objetivo de formar profesores y ciudadanos que dan respuesta a un proyecto social y cultural que se traza el país.

En el marco de las políticas curriculares en Colombia se ha creado la idea errónea de que se debe crear un *currículo* a prueba de profesores. Sin embargo, esta misma política ha sido determinante en excluir la comprensión del currículo en los procesos de formación docente [13]. Por lo tanto, es necesario que el discurso sobre la conformación del campo curricular en Colombia vaya más allá de la escritura de un Proyecto Educativo Institucional y las estrategias metodológicas para transmitir conocimientos o contenidos según la edad y el estado cognitivo de los estudiantes. En cambio, la discusión debería centrarse en el proceso de comprensión del currículo como un espacio de diálogo intercrítico en el que la pedagogía, la didáctica, la educabilidad, la enseñabilidad y otros elementos generan tensiones discursivas para entender el fenómeno educativo de la formación de sujetos en un contexto determinado.

Finalmente, en el desarrollo de la disertación, es importante tener en cuenta que no se busca generar una única teorización en cuanto al currículo. Sin embargo, desde los puntos de vista epistémicos necesarios para que los lectores comprendan, se asume que el currículo es un campo [10, 13] que abarca discursos, intenciones, poder, realidad, cultura y otros elementos que conforman una sociedad, y que permite definir el proyecto comunitario y de formación a través de la escuela.

Es importante señalar que la concepción de campo curricular y currículo no se refiere a una única perspectiva, sino que implica un proceso que, según Sacristán, puede pasar por diferentes fases de objetivación o concreción curricular, que a su vez materializan varios niveles de contextualización curricular [14]. Esto significa que el currículo responde a las necesidades de un campo que está estrechamente relacionado con el campo de la pedagogía, que dialogan intencionalmente y cuya proximidad se refleja en las prácticas pedagógicas del profesor formador de formadores.

### 3. MÉTODO

El camino es la ruta que seguimos para llegar a nuestros objetivos. Es el trasegar que recorre el investigador doctoral para comprender los fenómenos sociales que se entrelazan en los diálogos intercíticos del saber pedagógico y el currículo, para ello en este camino tenemos una mirada, un mapa y una herramienta; sin embargo es importante tener claro que la mirada del método de esta investigación, difiere a *una relación de carácter unívoca entre investigación científica e investigación* [15], dado que desde el ejercicio de las humanidades, y especialmente desde la Pedagogía, se requiere de miradas diferenciales para abordar los fenómenos de la educación.

Es en este sentido que la propuesta de camino (enunciación del método en la investigación científica desde la mirada del empirismo y el positivismo) basado en un enfoque centrado en el sujeto, desde el rizoma<sup>4</sup> sensible genera una nueva propuesta de investigar en el campo de la pedagogía y del currículo, dado que se aleja de:

*esta tradición como forma legítima de considerar lo que es (y no es) investigación, situación que ha llevado por ejemplo a considerar que son solo los científicos vinculados a las Ciencias Experimentales quienes realizan investigación (de verdad), y a establecer una visión/posición jerárquica de éstos respecto, por ejemplo, a los científicos sociales o a quienes realizan su tarea en el campo de las Humanidades* [16].

#### 3.1 Mirada: Histórico hermenéutico

En primer lugar, se debe entender que esta mirada, tal como lo plantea Bolívar, es *una metodología propia, en función de su objeto y modo de acceso al conocimiento, ajeno al modo de proceder científico-natural: el método propio sería hermenéutico o interpretativo, con el objetivo de comprender las acciones humanas* [17], que es lo que se pretende con esta investigación, comprender y vislumbrar cómo las actividades, acciones y estrategias que emprende el profesor en el aula pueden ser un diálogo intencionado entre el saber pedagógico y el currículo, y queremos comprender estas acciones en un escenario formativo natural, la escuela normal, y siendo así es importante retomar y dar fuerza al comprender las acciones humanas, significarlas, interpretarlas y darles sentido.

Hilando esas significaciones dentro del desarrollo sistemático del proceso interpretativo–hermenéutico, se convierte en el punto de partida para comprender lo que los sujetos que enseñan, asumen por saber pedagógico, currículo, y cómo estos se pueden relacionar en los espacios escolares.

#### 3.2 Mapa: El rizoma sensible

Apostándole a la investigación educativa que se sale de los esquemas tradicionales y con sentido de la comprensión, teniendo clara la mirada y el procedimiento, se presenta ahora el mapa de navegación del investigador, un mapa que permite analizar los puntos de encuentro, de desencuentro, las normas para la disertación y para la real comprensión del fenómeno educativo.

Para ello partimos de la delimitación de un rizoma para la interrelación y encuentro de puntos de conexión entre el saber pedagógico y el currículo.

Desde este mapa del rizoma sensible, se busca que al finalizar el proceso de pesquisa de información y relatos, se logre desde su análisis el encuentro o la invitación [18], como ese espacio donde se juntan los momentos de diálogo intercítico del saber pedagógico y el currículo en la Escuela Normal Superior, para así dar cuenta de prácticas de experiencia en las que tanto los diferentes sujetos (investigador, lector, colaborador) como las interpretaciones sobre sus experiencias permiten y posibilitan repensar la investigación en aspectos que no se hacen visibles en otro tipo de investigación [16].

---

<sup>4</sup> Desde la botánica el rizoma se entiende como el tallo que nace de forma horizontal dando surgimiento a nuevos brotes y raíces a través de sus nudos. A su vez, tal como se planteó en el marco teórico el rizoma es un concepto filosófico desarrollado por Deleuze y Guattari. Es lo que Deleuze llama una *imagen de pensamiento*, basada en el rizoma botánico, que aprehende las multiplicidades. En este sentido el rizoma es esa interconexión que se da entre conceptos, profesores, estudiantes, contextos, currículo, saber pedagógico al interior del campo profesional y disciplinar de la pedagogía.

### 3.3 Herramienta: Biográfico narrativo

Serán las voces de los profesores las que nos permitan develar las relaciones existentes en nuestros temas de investigación, esas voces del profesor son las que posibilitan al investigador relacionar esa vida, esa carga de sentido al contexto social, político, cultural y simbólico [19], lo que permite poner en juego la mirada, el procedimiento y el mapa de este camino metodológico que se ha escogido para la disertación doctoral.

Es en este sentido que se recurre a la herramienta biográfico narrativo, como estrategia de construcción del relato del hermeneuta, donde el discurso de la práctica pedagógica se puede mostrar desde las intenciones y experiencias del profesor, ese profesor que desde el contar su historia podrá mostrar las relaciones, concepciones y limitantes en función de la pedagogía y el currículo, para finalmente desde la narración contar ese relato como atraviesa la historia, las historias y la vida del sujeto que enseña.

La herramienta biográfica narrativa recurre a la ayuda de la historia de vida como estrategia para la conexión de los relatos, desde una *trama simbólica con indudable protagonismo de la auto-referencia, en una gama que va desde formas más o menos canónicas del testimonio, las memorias, la biografía y la autobiografía, los relatos de vida o de trayectorias* [20], que se interconectan y dan sentido a las prácticas pedagógicas del profesor formador de la Escuela Normal.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Antes de iniciar con ese hilo conductor de lo propuesto, es importante validar ese escenario sobre el cual se ha puesto el currículo y el saber pedagógico en el contexto de las voces de los profesores que han participado en esta investigación, una voz que, desde la conexión rizomática y el análisis de lo sensible, cobra sentido desde sus puntos de encuentro y de fuga. Lo primero es reconocer, como se ha anunciado previamente que no existe un canal de diálogo intercítico entre el saber pedagógico y el currículo en la formación de profesores en las Escuelas Normales por el contrario las prácticas pedagógicas se convierten en un *campo de batalla* entre los saberes disciplinares, la formación previa del profesor y la relación del contexto en el desarrollo de la interacción enseñanza – aprendizaje, donde por dos caminos diferentes comienzan a habitar el saber pedagógico y el currículo.

Se hace evidente entonces, cómo la falta de claridad e identidad en el ejercicio de la formación de profesores, afecta los espacios de configuración de la pedagogía y el currículo, identidad asumida como aquella que se construye *sobre la base del reconocimiento de algún origen común o unas características compartidas con otra persona o grupo o con un ideal, y con el vallado natural de la solidaridad y la lealtad establecidas sobre este fundamento* [21] y que en este sentido es parte de la vocación y de la formación que tiene el profesor, factores determinantes en la construcción de saber pedagógico, para ello se hace necesario tener un diálogo permanente entre los actores, que conduzca hacia una visión más acuciosa sobre aquello que se considera como lo profesional en la identidad docente [22].

Sin embargo, se hace necesario comprender cómo esta falta de reconocimiento por parte del profesor no posibilita un diálogo fluido entre el saber pedagógico y el currículo, asumiendo así que los distintos lugares de enunciación de los sujetos que enseñan dificultan la conceptualización de la pedagogía como saber fundante.

En este sentido, y observando las posturas planteadas por los profesores formadores, se deja ver que las conceptualizaciones de pedagogía y currículo en la Escuela Normal no parten de la investigación teórica que se ha hecho sobre el campo, sino que depende más de las posturas académicas que asumen los organismos internacionales en los cuáles el país se inscribe, y que el Ministerio de Educación reafirma en sus referentes técnicos. Cabe entonces preguntarse, ¿qué rol juega la internacionalización de la educación en los procesos de consolidación epistémica del saber pedagógico y el currículo? Podrán ser muy obvias las respuestas, pero en otros casos son acciones que no son tan legibles y observables en el discurso de formación de nuestros profesores en Colombia. Es importante reconocer y valorar cómo estas acciones internacionales determinan e influyen los procesos de formación de profesores al interior de las Escuelas Normales Superiores.

Aunado a lo anterior, desde esta mirada, donde planteo que la configuración de las líneas de política de formación de educadores en las Escuelas Normales Superiores, desde 1999<sup>5</sup> se ha visto influenciada en los informes que ha generado Unesco para diagnosticar el estado educativo de la niñez en Latinoamérica, tan cierto es que uno de los textos de obligatoria lectura en las *didácticas de la educación preescolar o en los seminarios de educación preescolar es La Educación encierra un Tesoro de Jaques Delors*, lo que denota que efectivamente la circunscripción del estado colombiano a las diferentes convenciones y organismos internacionales tiene estrecha relación con la formación de nuestros profesores; en este sentido podremos soportar nuestras afirmaciones desde el análisis que hace el profesor Quiceno:

*Si bien la formación y la formación de profesores se estructuran en Colombia, entre 1991 y 2002, sus principios vienen de 1963, cuando se presenta el primer informe Unesco, sobre La crisis mundial de la educación. Varios informes, el de 1972, y el de 1998, presentaron los principios que van a ser los que definan la formación en el mundo. En Colombia, en 1991 se formula la ley 115 o Ley General de la educación, que acoge estos principios, diríamos que, de un modo superficial, la Ley no sigue de cerca estas políticas de formación mundiales, sino que lo hace desde su parte local. Hay que tener en cuenta que la recomendación mundial, es que los países piensen en lo local, es decir en sus propios problemas. De este modo la Ley se dedica a pensar lo local, que es el entorno, las necesidades más urgentes, los problemas a resolver [23].*

Como se puede observar la definición de la estructura de política educativa en Colombia, en cuanto a la formación de profesores, tiene una alta influencia de las convenciones internacionales establecidas y suscritas por nuestro país, lo que influye de manera directa en las concepciones de currículo y saber pedagógico que se construyen en desde las escuelas normales y las facultades de educación; situaciones que podemos observar en la materialización de la ley general de educación, que entre sus aspectos para la formación de profesores incluye la propuesta del PEI, la formación pedagógica, pensada en la relación teoría y práctica, la pedagogía como saber y la investigación pedagógica [23], lo que devela esas relaciones de tensión entre las concepciones de lo local y lo internacional.

No obstante, es importante reconocer que desde el ejercicio de la conceptualización del saber y el currículo, Colombia ha circunscrito esa mirada que tiene UNESCO sobre las políticas educativas, el pensar lo local para llegar a lo global, entonces el dispositivo instalado para proyectar la formación del profesor parte de esa falacia de lo territorial para llegar a esa mirada internacional de la educación, sería entonces importante preguntarse: ¿cuáles son las posturas epistémicas sobre las cuales las Escuelas Normales enmarcan sus discursos para definir el concepto de saber pedagógico y currículo? ¿Responde a una mirada de la cientificidad del saber y de la construcción de diálogos intercíticos de los conceptos, o solo desde la mirada de los documentos y acuerdos regionales de los distintos organismos internacionales?

Precisamente, esas disruptivas son las que genera esta disertación doctoral, al entrar a consolidar esos espacios que se deban dar en el *diálogo intercítico entre el saber pedagógico y el currículo en el proceso de formación de profesores desde la Escuela Normal* y desde esta mirada crítica debemos comprender que el saber pedagógico trasciende de este espacio de configuración académica y teórica y pasa a convertirse en un marco social, que posibilita la generación de preguntas y lenguajes [24]. Se asume así un saber desde una mirada amplia, donde cabe la ciencia, la cultura, los conceptos sociales y epistémicos, un lugar de real diálogo transdisciplinar.

Todo lo dicho hasta ahora, invita a reflexionar sobre la importancia de repensar el accionar educativo, a cargar de sentido la construcción de políticas educativas relacionadas a la formación de profesores en nuestro país, donde las definiciones teóricas, epistémicas y de construcción teórica del saber pedagógico y el currículo no pueden partir de las convenciones internacionales, por el contrario deben partir de la realidad de la investigación y reflexión de la pedagogía como campo disciplinar y profesional, una teorización de la pedagogía que nace del ser del profesor y desde su formación específica, desde la verdadera concepción de lo local.

---

<sup>5</sup> En este año el Ministerio de Educación Nacional inició el programa de resignificación de las Escuelas Normales Superiores en Colombia, que inició con la autoevaluación institucional, luego pasó a la Acreditación de Calidad, para transformarse después en Acreditación de Alta Calidad.

Ahora bien, esto no sucederá si en el desarrollo de estos ejercicios de formación la Escuela Normal no asume su rol de productora de conocimiento en el campo de la pedagogía y del currículo, no puede pensarse solo en el espacio de formación del profesor en el Programa de Formación Complementaria, por el contrario, desde su naturaleza como formadora de profesores debe atender al cuestionamiento del campo de la pedagogía y del currículo acorde al contexto particular donde se encuentra ubicado. No puede seguir sucediendo que la investigación formativa de la ENS tenga mayor hincapié que la propia investigación de la ENS.

Cabe entonces preguntarse ¿cómo lograr esos cambios en el fortalecimiento de la formación de profesores de la ENS en cuanto al campo del saber pedagógico y del currículo? En primer lugar el profesor que se encarga de ahondar la disciplina de pedagogía y currículo, si bien debe comprender los fenómenos históricos que han vivido los campos, debe ahondar más desde el análisis de las situaciones contextuales para el fortalecimiento de los campos en mención, donde se logre visibilizar el rol que tiene el profesor de aula, de la ruralidad, de los modelos educativos flexibles, de las condiciones sociales adversas y favorables en la alimentación del campo disciplinar y profesional de la pedagogía. Por otro lado, visibilizar el currículo más allá de los estándares o lineamientos que emane el ente rector de política del Estado, el MEN, y por el contrario asumir el currículo como ese proyecto educativo de transformación cultural, social y política que tiene como objeto formar sujetos capaces de responder a las realidades de sus contextos.

Pero ¿qué es llevar esas transformaciones a sus aulas? Es un ejercicio simple, lograr que los profesores que se forman en la Escuela Normal dominen los campos de la pedagogía, el currículo desde la vinculación de ambos en su práctica; una práctica que se reflexiona, investiga y transforma el propio profesor para dar respuesta a las condiciones de época, materializando verdaderos diálogos intercríticos entre el saber pedagógico y el currículo.

Por otro lado, y dando respuesta a la pregunta anterior, el profesor formado de profesores de la ENS, deberá asumir que desde el punto de colocación epistémica del saber pedagógico y del currículo como campo, estos no son conceptos acabados, que además requieren posturas subjetivas del sujeto que los enuncia y que además necesita de procesos de investigación que la transformen y que le permitan alimentarse de las prácticas pedagógicas propias, dotándolos de heterogeneidad, diversidad y cultura.

Cómo se puede observar, los espacios de configuración del saber pedagógico y el currículo, desde los diálogos circunstanciales que se gestan al interior del aula, son necesarios para la construcción de políticas de formación docente, de empoderamiento de propuestas pedagógicas orientadas hacia la formación, e inclusive para la negociación conceptual de espacios académicos y didácticos<sup>6</sup>. En este orden de ideas, y como se enunció previamente se puede afirmar que el encuentro pedagógico y didáctico entendido como aquel que posibilita aprender de oído [25].

Visibiliza las voces, lenguajes y además permite reconocer al otro y lo otro, para así generar acciones formativas hacia la comprensión de la condición humana, para lograr identificar las realidades de los sujetos, generando escenarios para el aprendizaje, la enseñanza y la construcción colectiva del currículo.

## 5. CONCLUSIONES

Iniciemos con el abordaje desde cada uno de los puntos guías de este trayecto, donde desde la primera intención de esta investigación de comprender las concepciones de currículo y de saber pedagógico que perviven al interior de algunas Escuelas Normales Superiores, podemos afirmar que existe poca claridad conceptual en los profesores formadores de las ENS, estas concepciones parten desde su formación y ese concepto de pedagogía y currículo sobre el cual se han formado; que parte de la historicidad del concepto que ha habitado el aula de los profesores en formación a través de los años, pero no de las conclusiones a las que han llegado las investigaciones de los últimos años sobre la configuración de ambos campos.

---

<sup>6</sup> Se entiende la didáctica como un saber al interior del campo conceptual de la pedagogía, que postula como su objeto de estudio, el proceso docente-educativo, es decir, las actividades que un profesor, educado para ello, provee de manera sistematizada, a sus estudiantes para que estos, mientras se apropian de un saber, se eduquen y se formen.

Es así como se hace evidente que en la formación inicial de profesores prima mucho más la estrategia pedagógica de las diferentes áreas, que la reflexión en torno a cómo el currículo y el saber pedagógico deben conversar al momento de pensarse un espacio de formación, por el contrario estos conceptos se ven como elementos externos al aula y la escuela, y se quedan en planos teóricos que solo se abordan cuando los profesores se encuentran en sus etapas formativas y se pierden de vista en la cualificación de las prácticas pedagógicas de éstos.

Tal como se pudo observar en el capítulo anterior, esas concepciones que habitan en los profesores formadores corresponden a posturas desde el concepto histórico, desde una línea de tiempo que nos invita a reconocer la pedagogía, el currículo y el saber pedagógico como conceptos independientes, que solo se encuentran en el discurso teórico; que inclusive no habitan las prácticas pedagógicas, dado que se da una mayor importancia a las cuestiones de las actividades, la metodología de los saberes disciplinares que a la conceptualización y dotación de sentido de los conceptos fundantes del que hacer del profesor.

Se puede afirmar que el saber pedagógico y el currículo en la formación de profesores en la escuela normal están atados a reconocer autores clásicos, a analizar posturas teóricas que inclusive no pertenecen a la pedagogía, pero se les da el sentido de parte de la misma; son unas clases que solo dan cumplimiento al requisito legal y no a la re-significación de las prácticas pedagógicas del profesor; o aún más grave, no se relacionan con la investigación formativa que reciben los estudiantes de la formación complementaria.

Cabe entonces preguntarse: ¿qué elementos se requieren para que el saber pedagógico y el currículo se doten de sentido en el ejercicio de formación del profesor en la escuela normal? En primer lugar, es fundamental revisar los conceptos teóricos sobre los cuales se fundamenta la *clase* de pedagogía y de currículo, dado que se desconoce el devenir epistemológico de los campos, y a su vez las investigaciones y producción de conocimiento que se ha hecho en los últimos años. A su vez, el profesor que forma en saber pedagógico y en currículo en Colombia, en esa formación inicial no recibe capacitación en torno al tema, de hecho, en la configuración de las plazas docentes establecidas en el sector oficial, estos profesores no existen, por lo cual se corre el riesgo sobre medida que la asignación de estas "clases" esté supeditada a la disponibilidad horaria de alguno de los profesores de la misma ENS.

En ese discurrir de diálogos, ideas, puntos de fuga y encuentro, abordamos esa segunda intención de esta investigación donde se trata de **identificar** los canales de diálogo intercrítico que se tejen en la relación entre el saber pedagógico y el currículo desde los referentes teóricos y las prácticas pedagógicas de los profesores formadores; encontrando un punto común en sus puntos de vista, la práctica pedagógica.

Es importante precisar en este aspecto, que los profesores formadores asumen la necesidad de que exista un diálogo intercrítico, intencionado, cuestionante, que derive en tensiones entre el saber pedagógico y el currículo, y que se debe dar desde las prácticas pedagógicas del profesor, un profesor que es capaz de asumir esa práctica como fuente de saber, como aquella que le permite reflexionar y revisar su historicidad ante la pedagogía. Una práctica pedagógica que lleva al profesor a comprender que el saber pedagógico y el currículo se deben llevar al aula de manera intencionada, pero ¿con qué objetivo? Con el objetivo de aportar al campo disciplinar y profesional de la pedagogía, un campo que por naturaleza es el hábitat del profesor, y a su vez fortalecer el campo incipiente del currículo en Colombia.

Creo que llegamos al núcleo de este puerto de llegada, donde finalmente hemos de reconocer que el campo disciplinar y profesional de la pedagogía no es habitado por el profesor, por la simple razón que el profesor egresado de la Escuela Normal, al ingresar a su campo profesional no investiga, cuestiona y sistematiza sus prácticas pedagógicas, esto corrobora que nuestro país tiene profesores *disertaciónistas*<sup>7</sup>, que solo cuestionan sus prácticas para la obtención de títulos académicos; dejando pasar la valiosa oportunidad de que en el espacio del aula de clase, en la institución educativa y con mayor fuerza en la Escuela Normal, realmente se logre que la práctica pedagógica sea un insumo para la producción de conocimiento científico en el campo de la pedagogía y del currículo.

---

<sup>7</sup> El profesor disertaciónista es aquel que se acerca a la investigación en el marco de sus estudios de pregrado y postgrado, pero que al terminar los mismos no sigue generando procesos de cuestionamiento del campo de la pedagogía y del currículo.

Es necesario que el profesor, que forma profesores en la Escuela Normal, asuma su rol investigador, un profesional de la pedagogía que está cuestionando constantemente sus prácticas, las reflexiona y desde ellas asume posturas teóricas y epistemológicas para construir aportes al campo profesional y disciplinar de la pedagogía y a su vez a la configuración del campo curricular. ¿Retos? Muchos, pero es necesario que desde este puente que se teje para el diálogo intercultural entre el saber pedagógico y el currículo, se pase de los discursos a las acciones, la producción de conocimiento y la transformación social de la escuela.

Sería prudente entonces, reconfigurar el sentido de la formación en la Escuela Normal entendiéndose como ese espacio mágico por naturaleza, espacio que se convierte en un lugar de la voz donde se va a aprender de oído, que confirma que los buenos estudiantes no solo van al aula a inquirir al profesor, y mucho menos a ser interrogados, sino a escuchar. Y desde esta escucha generar conocimiento y aprendizaje libre y autónomo, que los lleve a comprender el mundo desde las cotidianidades y realidades que lo habitan; un espacio que realmente se preocupa por que la pedagogía se asume como un campo profesional y disciplinar, donde el profesor es realmente un protagonista del campo, donde asume su rol de constructor de este, como un actor activo que desde su experiencia aporta a la reflexión y cuestionamiento constante del mismo.

Es así como la dinamización de la práctica pedagógica en la ENS, se tienen que trascender más allá del uso de los espacios escolar, tienen que convertirse en espacios para la disertación, la concertación, la construcción colectiva de los imaginarios sociales; la práctica asumida como un espacio para el encuentro, que desde una dimensión de lo pedagógico, se entiende como el espacio escolar, las aulas, los lugares donde nos dedicamos a formar como lugar de encuentro, no solo de los saberes, sino también de los cuerpos y de los lenguajes [26], es decir, asumimos la práctica pedagógica como un espacio para el encuentro entre comunidad educativa como ese espacio para reconocer al otro y lo otro desde una dimensión más allá de la transmisión de conocimientos, sino como espacio para reconocer la diferencia, la lectura del espacio, de las emociones, de lo sensible, de lo sencillo, de lo complejo, un espacio para la construcción de relaciones humanas; un lugar para que el lenguaje del profesor, el saber pedagógico y el currículo tomen fuerza y cuerpo.

En este sentido, la propuesta que se asume desde esta disertación doctoral para que la práctica pedagógica se convierta en un espacio de diálogo intercultural entre el saber pedagógico y el currículo es que esta se asuma como aquella donde se posibilita aprender desde la escucha del otro, visibilizando las voces y lenguajes y además reconocer al otro y lo otro, para así generar acciones formativas hacia la comprensión de la condición humana, para lograr identificar las realidad de los sujetos, generando escenarios para el aprendizaje, la enseñanza y la re-significación constante de los campos de la pedagogía y el currículo.

En este sentido, deberá verse la Escuela Normal como aquel lugar donde los sujetos recuperan su voz desde la escucha, donde el uso del discurso académico, social y formativo propende por la construcción de un ideal social, para recuperar el valor del lenguaje, no como instrumento de comunicación, sino como posibilidad de recuperar el valor de lo humano, de lo sensible, que trasciende la dimensión instrumental y que se construye desde la interacción cotidiana; encuentro que puede posibilitar que el lenguaje de vida al campo de lo curricular y lo pedagógico.

En esa dinámica de las reflexiones y las discusiones, es que se vincula la pedagogía como posibilidad para el encuentro, una pedagogía que posibilita el diálogo, el intercambio, el reconocimiento de los sujetos para lograr el entendimiento y la interpretación de los fenómenos de la educación. Y es precisamente esa dinámica de comprensión, la que hace que la pedagogía como campo disciplinar, no sea un asunto finito, ni limitado, por el contrario, la pedagogía es un campo en discusión y en formación, que posibilita el encuentro como acción y pretexto formativo.

Finalmente, si es posible tejer diálogos interculturales entre el saber pedagógico y el currículo; pero para ello la Escuela Normal debe transformar sus concepciones epistemológicas en cuanto a ambos campos, y a su vez formar a los profesores en el cómo a través de la práctica pedagógica se pueden tejer puentes para el encuentro entre el saber pedagógico y el currículo, con el objetivo de llevar los profesores a ser actores principales en la construcción constante de estos campos de tensión, y no dejar en manos de otros actores



que están por fuera del aula, la construcción, la delimitación y las líneas teóricas sobre las cuáles nos formamos como profesores. Resignificar la formación inicial de profesores en Colombia no es empezar de cero, es dotar de sentido, investigación, reflexión y transformación lo que hacemos.

## REFERENCIAS

- [1] Cuervo M. (2015). El currículum y las teorías curriculares. Aportes para un debate amplio sobre la calidad en educación superior. *Revista y Debates* 71, 13–23.
- [2] Runge A. (2006). Breve introducción al campo disciplinar y profesional de la Pedagogía: Consideraciones básicas sobre pedagogía. *Práctica educativa y saber pedagógico* 1(1).
- [3] Runge A. (2020). La conformación disparatada del campo disciplinar y profesional de la pedagogía entre disciplinarización y profesionalización. En Martínez A. et al. (eds.), *Epistemología de la Pedagogía* (pp. 168–216). Universidad Pedagógica Nacional.
- [4] Runge A. y Muñoz D. (2012). Pedagogía y praxis (práctica) educativa o educación. De nuevo: Una diferencia necesaria. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* 8(2), 75–96.
- [5] Runge A. (2020). La conformación disparatada del campo disciplinar y profesional de la pedagogía entre disciplinarización y profesionalización. En Martínez A. et al. (eds.), *Epistemología de la Pedagogía* (pp. 168–216). Universidad Pedagógica Nacional.
- [6] Álvarez A. (2020). Del saber pedagógico a los saberes escolares. En Martínez A. et al. (eds.), *Epistemología de la Pedagogía* (pp. 92–101). Universidad Pedagógica Nacional.
- [7] Zuluaga O. (2020). Saberes, paradigmas y campos conceptuales. En Martínez A. et al. (eds.), *Epistemología de la Pedagogía* (pp. 74–91). Universidad Pedagógica Nacional.
- [8] Kemmis. (1993). *La naturaleza de la teoría del currículum*. Ediciones Morata.
- [9] Gicheol H. (2002). An educational interpretation of Jürgen Habermas's communicative rationality. *Asia Pacific Education Review* 3(2), 149–159.
- [10] Díaz V. (2016). Del campo curricular en América Latina: Elementos para su comprensión. *[Con]Textos* 5(20), 23–34.
- [11] Sacristán G. (1991). *El currículum como concurrencia de prácticas*. Omega.
- [12] Da Silva T. (1999). Una introducción a las teorías del currículo *Currículo: ¿qué es esto?* Alfa.
- [13] Montoya J. (2018). *El campo de los estudios curriculares en Colombia*. Universidad de los Andes.
- [14] Sacristán G. (2013). ¿Qué significa el currículum? En *Saberes e incertidumbres sobre el currículum* (pp. 23–43). Ediciones Morata.
- [15] Hernández F. (2008). *La investigación basada en las artes. Propuestas para repensar la investigación en educación*. Educatio Siglo XXI.
- [16] Hernández F. y Revelles B. (2019). La perspectiva post-cualitativa en la investigación educativa: Genealogía, movimientos, posibilidades y tensiones. *Educatio Siglo XXI* 37.
- [17] Bolívar A. (2004). El conocimiento de la enseñanza: Explicar, comprender y transformar. *Revista Mimesis-Ciências Humanas* 7, 17-42.
- [18] Ranciere. (2011). *El malestar en la estética*. Capital Intelectual.
- [19] Vasilachis I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Editorial Gedisa.
- [20] Arfuch L. (2013). *Memoria y autobiografía. Exploraciones en los límites*.
- [21] Hall S. y Du Gay P. (2003). *Cuestiones de identidad cultural*. Grijalbo.
- [22] De Tezanos A. (2012). ¿Identidad y/o tradición docente? *Perspectiva Educativa* 51, 28.
- [23] Quiceno H. (2020). *Política educativa y formación docente*. Alfa.
- [24] Casas C. y García N. (2016). El saber pedagógico: Categoría que transforma y configura la acción docente en la FUCS, una reflexión desde la especialización en docencia universitaria. *Repertorio de Medicina y Cirugía* 25(2), 132–140.
- [25] Larrosa J. (2006). *Sobre la experiencia*. Aloma 87–112.
- [26] Larrosa J. (2008). *Aprender de oído*. *Intervención En el ciclo de debates*. Omega.

# Diseño de una metodología para favorecer el trabajo en equipo en estudiantes de ingeniería

Sulma Paola Vera-Monroy<sup>1</sup>

Santiago Monsalve-Silva<sup>2</sup>

Fernando Fernández-Romero<sup>3</sup>

Marisol Sandoval-Chaves<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Universidad de La Sabana

<sup>3</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Colombia

Para fomentar el desarrollo de la competencia de trabajo en equipo en estudiantes universitarios se diseñó una estrategia centrada en maximizar la interacción y comunicación entre los participantes, impulsando el diálogo y los acuerdos para alcanzar objetivos conjuntos. Se llevó a cabo un estudio cualitativo en colaboración entre la Universidad de La Sabana y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, de Colombia, con el propósito de mejorar las habilidades de trabajo en equipo bajo el contexto del aseguramiento del aprendizaje. A lo largo de un período académico (16 semanas) se implementó una ruta formativa para fortalecer esta competencia. La metodología involucró la asignación de roles a cada miembro del equipo, incentivando la responsabilidad y la eficiencia. Se utilizaron instrumentos como el diagrama de Gantt, actas de reuniones, bitácoras, minutas, una *wiki*, semáforos y la plataforma WhatsApp para recopilar información sobre la dinámica del trabajo en equipo y la gestión de objetivos. Esta metodología promovió la comunicación constante y la variabilidad en la recolección de datos. Los resultados subrayan la claridad, eficiencia y colaboración interdisciplinaria mejorada debido a la asignación de roles, enriqueciendo en última instancia los logros obtenidos.

---

<sup>1</sup> Magíster en Biología aplicada y Química, y Doctor en Educación. Contacto: [sulmavemo@unisabana.edu.co](mailto:sulmavemo@unisabana.edu.co)

<sup>2</sup> Estudiante Ingeniería Química y Licenciatura en Ciencias Naturales. Contacto: [santiagomosi@unisabana.edu.co](mailto:santiagomosi@unisabana.edu.co)

<sup>3</sup> Licenciado en Química, Magíster en Docencia de las Ciencias Naturales y Estudiante de doctorado en Educación. Contacto: [jffernandezr@udistrital.edu.co](mailto:jffernandezr@udistrital.edu.co)

<sup>4</sup> Ingeniera Química, Especialista en Administración y Gerencia de Sistemas de Calidad, Magíster en Docencia de la Química y Doctora en Educación. Contacto: [msarisol.sandoval@unisabana.edu.co](mailto:msarisol.sandoval@unisabana.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mundo laboral y académico está experimentando una transformación profunda debido a la evolución tecnológica y la globalización. Este cambio dinámico ha traído consigo la necesidad de un conjunto diversificado de habilidades para enfrentar los desafíos de un entorno cada vez más interconectado.

Si bien el conocimiento técnico y teórico sigue siendo fundamental, las competencias blandas, también conocidas como habilidades interpersonales o sociales, han emergido como un componente crucial para el éxito tanto individual como organizacional.

Estas competencias abarcan una amplia gama de habilidades, desde la comunicación efectiva hasta la resolución de conflictos y el trabajo en equipo. La adopción de estas competencias blandas presenta un nuevo desafío para las instituciones educativas y las empresas, ya que se requiere un enfoque innovador para su desarrollo y evaluación.

Desde el contexto educativo, el uso de las tecnologías de la información y comunicación, permiten explorar nuevos campos de interacción, en donde sobresalen estrategias y metodologías de trabajo que favorecen el desarrollo de dichas competencias y fomentan el reconocimiento de las habilidades blandas en los profesionales, especialmente desde el campo de la ingeniería.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una ruta metodológica basada en el Aprendizaje Basado en Retos ABR estructurada en 7 fases, en donde se establecen roles para el trabajo en equipo.

Divulgación de estrategias en el aula que invitan a divulgar las experiencias significativas que puedan replicarse en diversos entornos.

Reflexiones que asocian la idea se retoma la interdependencia positiva, que promueve la idea de que los logros individuales están vinculados a los logros del equipo, ello, fomenta la colaboración y el apoyo mutuo.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Competencias blandas

El desarrollo de competencias blandas es un requisito fundamental en los procesos formativos, ya no basta con el conocimiento de las temáticas propias de las disciplinas, es necesario saber actuar y saber ser, en diferentes contextos. Por lo anterior, los centros educativos implementan diferentes estrategias que buscan favorecer el logro de las competencias declaradas en los perfiles de los graduados de los diferentes programas académicos.

Los cambios económicos resultado de la evolución tecnológica han modificado los requerimientos que se esperan de los profesionales que recién incursionan al mundo laboral, y de manera general, se ha evidenciado que los empleadores prefieren la experiencia en torno a habilidades aplicadas y prácticas, por sobre habilidades cognitivas. Competencias como la comunicación efectiva, la gestión, el trabajo en equipo, el trabajo bajo presión, entre otras, se han convertido en los requisitos necesarios para ingresar al mundo laboral [1].

El cambio ha sido tan significativo que, inclusive, se han modificado los estándares con los que se mide el éxito de los programas académicos [2], generándose nuevos indicadores de calidad para la educación superior. Diferentes estudios se han encargado de listar las habilidades blandas que exige el mundo laboral actual, divididas en tres grandes grupos, como se presentan en la Tabla 1 [3].

Se identificaron 20 habilidades como requisitos para la vinculación de los profesionales a la vida laboral; sin embargo, desarrollar estas competencias al interior de las aulas, no es fácil, y la razón de ello tiene que ver con el hecho de que existen procedimientos estandarizados, que han funcionado por años para desarrollar

y evaluar la apropiación de conceptos disciplinares [4]. No obstante, no es lo mismo con las competencias blandas, ya que, por corresponder a destrezas relacionadas con las acciones, la moral y los atributos personales que marcan la diferencia entre los seres humanos, no se relacionan con el trabajo que se hace, sino como se hace [5].

**Tabla 1.** Clasificación y descripción de las habilidades blandas [3]

Clasificación	Habilidad	Descripción
Personales	Compromiso Laboral	Comprometerse con la organización y apropiar sus características.
	Ética Profesional	Actuar en consonancia con los principios y valores de la profesión.
	Manejo del Estrés	Mostrar fortaleza en situaciones complicadas.
	Creatividad e Innovación	Contribuir con nuevas ideas y mejoras a los productos y servicios de la organización.
	Autoaprendizaje	Apropiación de nuevos conocimientos.
	Equilibrar la Vida	Armonía entre el trabajo y la vida personal.
	Autoconciencia	Reconocer las debilidades y las fortalezas.
Sociales	Comunicación	Transmitir ideas e información de forma clara y convincente.
	Gestión de Conflictos	Conciliar y negociar en escenarios adversos.
	Red de Contactos	Cultivar, mantener y fomentar aliados estratégicos.
	Adecuación Cultural	Gerenciar en entornos multiculturales.
	Liderazgo	Motivar y guiar para contribución efectiva.
Metodológicas	Trabajo en Equipo	Construir relaciones basadas en la participación y cooperación.
	Adaptación al cambio	Redirigir acciones para cumplir objetivos.
	Análisis	Concluir en respuesta de pronósticos e información relevante.
	Mejora Continua	Realizar acciones con calidad y buscando la excelencia.
	Orientación al Cliente	Identificar, comprender y satisfacer las necesidades del cliente.
	Toma de Decisiones	Resolver situaciones de forma rápida y proactiva logrando objetivos.
	Gestión Efectiva	Seleccionar y distribuir tareas para lograr objetivos.
	Obtener Resultados	Rentabilizar esfuerzos organizacionales en respuesta de las metas de la organización.

En el nuevo milenio se espera que los retos que sociedad y el mundo imponen deben ser asumidos por profesionales que aborden las problemáticas con sentido crítico, ético y enmarcado por habilidades sociales que permitan promover soluciones que respondan a todos los contextos [6], considerando aspectos sociales, ambientales, económicos y legislativos, de tal forma que no solo se requieren conocimientos disciplinares, sino destrezas blandas que apunten a la globalidad e integridad [7].

## 2.2 Trabajo en equipo

El creciente mundo actual cobijado con aspectos como la globalización, la tecnología y las diferentes interconexiones que día a día aportan al cierre de brechas sociales, culturales y políticas, requiere de la reflexión y el desarrollo de la Competencia de Trabajo en Equipo CTE [8, 9], la cual ha emergido como una de las bases que sostiene el ámbito laboral, social y académico. Todo ello, requiere de destrezas como la colaboración efectiva entre grupos humanos, la comunicación asertiva y el trabajo en conjunto que apunta a la consecución de metas compartidas [10]. Lo anterior, no solo aporta al sostenimiento efectivo de las organizaciones, sino que favorece el éxito individual y, por supuesto, el de las instituciones.

En las últimas décadas, hablar de trabajo en equipo y generar espacios para desarrollar acciones que devalen sus destrezas en el ámbito organizacional [11], ha permitido entablar nuevas relaciones que favorecen este tipo de metodologías para la consecución de resultados. Desde allí, se han replanteado las estructuras organizativas que propendían por la jerarquización laboral, las cuales les apuntaban a horizontes institucionales basados en la individualidad, en donde los logros personales tenían mayor validez que los colaborativos; además, el personal solía enfocarse en conseguir metas a través de tareas específicas, quedando a un lado la idea de trabajar en equipo y apuntarle a la consecución de objetivos globales.

A medida en que la tecnología, la globalización, el cierre de brechas, el contacto intercultural y las oportunidades económicas fueron aumentando, las organizaciones y el contexto académico empezaron a generar reflexiones que estuvieran encaminadas al desarrollo de habilidades para fortalecer los procesos a partir de trabajo mancomunado entre las personas. Esto permitió generar acciones encaminadas a consolidarla como una habilidad (blanda) [12] que debe ser desarrollada por los individuos con el fin de asegurar un éxito sostenible, lo cual beneficie los procesos organizacionales y fomente el desarrollo personal.

Esta competencia se ha venido consolidando dentro del mercado laboral [12-15] de forma tal que las mismas organizaciones se dieron cuenta que, para generar procesos innovadores y de resolución de problemas, se hace necesario aprovechar las experiencias personales de sus colaboradores, y con ello, el reconocimiento de las habilidades, lo cual es el producto del desarrollo de encuentros con el mundo que los rodea. Lo anterior, es el comienzo en un cambio cultural, social, económico y político, el cual empezó a reconocer en el trabajo en equipo nuevas habilidades que les permitiría abarcar con mayor amplitud los horizontes de las organizaciones [12].

Todo ello, que ha emergido desde el contexto organizacional, tuvo una consolidación metodológica y teórica desde el contexto académico [16, 17]; desde allí, emergen enfoques que respaldan la competencia del trabajo en equipo y la ubican como un eje de formación profesional y productiva que toda persona debe poseer; por lo tanto, se propone incluirla en los planes de formación. Por otro lado, surgen investigaciones que se cuestionan por la forma en que interdependencia social y la colaboración mancomunada tienen una influencia positiva en el rendimiento y resultados de las organizaciones [18]. Desde esta perspectiva, las habilidades de trabajo en equipo empiezan a tener un protagonismo clave en los contextos de enseñanza y aprendizaje, sobre todo en los programas de formación laboral.

Desde allí, se retoman enfoques como la Teoría de la Interdependencia Social TIS y el modelo de Desarrollo de grupos MDG, los cuales proporcionan un marco conceptual para entender cómo las dinámicas entre los grupos comienzan a evolucionar y pueden abordarse como desafíos comunes en el propio desarrollo de las organizaciones académicas, industriales y humanitarias [19]. Así, retomar la Teoría de la Interdependencia Social, planteada por Aronson [20], permite reconocer ideas que asocian las conexiones intrínsecas que se encuentran interconectadas entre un grupo de individuos; esto conduce a reconocer que el éxito personal depende, en gran medida, del éxito del equipo. Además, esta teoría centra su importancia en la comprensión de las acciones y decisiones individuales que pueden afectar o favorecer a la totalidad del grupo; por otro lado, se enfoca en interpretar las relaciones que emergen al interior del equipo para predecir comportamientos que permitan caracterizar las dinámicas de este.

Al analizar la TIS en el contexto de la competencia de trabajo en equipo, se pueden identificar varias ideas que aportan a su consolidación; por ejemplo, el reconocimiento de la cohesión del equipo, el cual establece que, un grupo de trabajo con estas características tiende a mostrar mejores resultados, ya que sus miembros se sienten motivados a trabajar juntos maximizando, así, el éxito grupal. Además, se retoma la interdependencia positiva, que promueve la idea de que los logros individuales están vinculados a los logros del equipo, ello, fomenta la colaboración y el apoyo mutuo. Así mismo, se exploran ideas de la responsabilidad compartida, la cual, dentro de la teoría descrita, sugiere que, cuando los miembros se sienten interdependientes, tienen mayor disposición a asumir responsabilidades que surgen por el éxito o el fracaso del equipo.

Desde el Modelo de Desarrollo de Grupos MDG [21, 22], que es propuesto por Tuckman en 1965, describe las etapas que enfrenta un equipo y el proceso para consolidarse, desarrollar ideas y alcanzar objetivos. Inicialmente, el modelo describe cuatro etapas: Formación, Tormenta, Norming y Desempeño; más adelante, se hace necesario incluir la etapa Adjourning [23]. En la Tabla 2 se describen cada una de las etapas del MDG.

**Tabla 2.** Etapas del modelo de desarrollo de grupos

Etapa	Descripción
Formación	En la etapa de formación, hay una consolidación del equipo, desde allí, se establecen relaciones y reglas iniciales y se definen los roles de los participantes; todo ello, debe estar conectado con los objetivos a alcanzar. No obstante, en este punto la comunicación es superficial y el trato es muy formal.
Tormenta	En la etapa de tormenta, se empiezan a identificar el surgimiento de conflictos debido a ideales, personalidades e intereses particulares; todo ello, surge en el contexto en que los miembros luchan por el control y la influencia de su grupo. Todas estas situaciones se convierten en desafíos y oportunidades para abordar los conflictos y solucionarlos de manera que sea constructiva para todos. De la forma en que estas situaciones sean solucionadas, se convierte en una oportunidad de aprendizaje para el equipo.
Norming	En la etapa de norming, se empiezan a visualizar normas y valores compartidos, los cuales conducen a una cohesión y colaboración colectiva. Estos lineamientos son el producto de las interacciones, conflictos, oportunidades y habilidades que los miembros del equipo han visualizado. Lo cual, aporta mayor confianza y respeto mutuo que fortalece y motiva a los integrantes del grupo.

Desempeño	En la etapa de desempeño, el equipo nota que ha alcanzado nuevos niveles de eficiencia y eficacia. Los roles de los integrantes están claramente definidos, y tienen gran afinidad con las habilidades y destrezas personales. Los integrantes sienten que aportan significativamente en la consecución de resultados. Además, se empiezan a notar mayores niveles de comunicación, producción y colaboración.
Adjourning	En la etapa de adjourning, la cual es más reciente dentro de la teoría, se refiere a la disolución del equipo después de haber alcanzado los objetivos y las metas propuestas. En esta etapa se reflexiona acerca del porcentaje de éxito que tuvo el grupo, las situaciones por mejorar a nivel individual y colectivo; y, los aportes, reflexiones y aprendizajes que deja la experiencia. Esta etapa es esencial para demostrar a los integrantes del grupo su aporte dentro del mismo, en donde se exaltan las habilidades personales y cómo éstas tienen un engranaje con las habilidades de los otros.

Un tercer enfoque que sostiene la competencia de trabajo en equipo es la Teoría del Aprendizaje Social TAS [24]. Este enfoque, planteado por Bandura, hace énfasis en la forma como las personas adquieren habilidades cuando observan a sus semejantes, moldeando y adaptando los comportamientos para sus propias vidas. Específicamente desde el contexto de la CTE, esta teoría aporta al reconocer que, en la emulación de comportamientos colaborativos y eficientes, se desarrollan nuevas habilidades que contribuyen al trabajo en grupo y a las experiencias personales de los individuos. Por lo tanto, se fortalece un aprendizaje que depende de la experiencia y la observación directas a los colegas más experimentados; así, los participantes pueden acelerar la comprensión de los procesos, la adquisición de conocimientos y la consolidación de habilidades derivadas del trabajo en equipo.

Los anteriores enfoques empiezan a tener una convalidación en el ámbito académico de forma tal que, emergen reflexiones que consolidan la competencia de trabajo en equipo como un eje que fundamenta el aprendizaje. Es decir, que después de verse como un aspecto secundario en la industria, se consolida como una línea de formación, e incluso de investigación, que se gesta en el contexto educativo para enfrentar los desafíos de la industria moderna, lo cual aporta espacios significativos a una sociedad que cada vez está más interconectada y colaborativa. Esto tiene incidencia directa al desarrollo de otras competencias como las comunicativas y las de sensibilidad intercultural [25].

Por lo anterior, se hace necesario reconocer aquellos aportes que surgen desde el ámbito académico y que permiten entender la importancia de la CTE en este contexto. Muchos de estas metodologías han surgido para contrarrestar el Enfoque Tradicional del Conocimiento Individual ETCl; el cual, hizo parte de la educación tradicional de los siglos pasados y se preocupó por la adquisición de conocimientos individuales y habilidades técnicas, todo ello, formaba individuos independientes sin ideas de trabajo colaborativo. Por lo tanto, con el paso del tiempo, las Instituciones Educativas reconocieron la importancia de las habilidades blandas, y con ello, el cultivo de competencias interpersonales que propiciaran la colaboración entre individuos. Los currículos empezaron a nutrirse con estas ideas y se iniciaron cursos y talleres que se preocupaban por el desarrollo de habilidades sociales y comunicativas entre la comunidad educativa [19]. Lo anterior no solo incorporó la formación de estudiantes, sino la formación de profesores.

Al haberse reconocido e integrado las habilidades sociales y comunicativas dentro de los contextos educativos, empiezan a reflejarse nuevas corrientes como las comunicativas, las afectivas y conductuales, las cuales permitieron la resolución de conflictos y el mejoramiento del clima académico y laboral; por lo tanto, se empezaron a incluir nuevas metodologías basadas en el trabajo en equipo, en donde el aprendizaje colaborativo se hizo protagonista [15].

A este enfoque se suma el de Aprendizaje Basado en Problemas ABP [26], el cual se ha consolidado, en los últimos tiempos, como una metodología muy común en el contexto de la Educación Superior, en donde los estudiantes se enfrentan a desafíos y tensiones del mundo real, en la cual requieren de la colaboración y la toma de decisiones en equipo para solucionar dichas problemáticas de forma efectiva. En este enfoque, el estudiante tiene un rol activo y asume de manera colectiva la identificación, análisis y resolución de problemáticas que están ligadas con su entorno próximo [27]. Por lo tanto, el trabajo en equipo permite explorar y entender la problemática desde diferentes puntos de vista, aportar a la investigación y a la consolidación de metodologías para su solución y desarrollar estrategias para abordarla.

Por otro lado, se encuentra el uso de las tecnologías y las plataformas en línea; las cuales, han aportado recientemente escenarios que fomentan la colaboración a partir de las contribuciones individuales, las cuales

favorecen el trabajo en equipo, tornándolo más eficiente y dándole mayor peso a las ideas que al contacto físico; no obstante, estas metodologías impiden el conocimiento mutuo de los participantes en cuanto a sus gustos e intereses; lo cual hace que solamente se limite a medir los aportes a contribuciones asociadas a la consecución de los objetivos.

Si se ubica la Competencia de Trabajo en Equipo en el campo de la formación de ingenieros, se encuentra que es esencial para preparar a dichos profesionales en desafíos complejos y multidisciplinarios que caracteriza el campo ingenieril moderno. Por lo tanto, se debe destacar que dicha competencia permite reconocer el campo multidisciplinario de la ingeniería en donde la resolución de un problema incluye el aporte de expertos de varios campos que destacan conocimientos y habilidades diversas. Además, cuando se plantean proyectos a gran escala se requiere abarcar múltiples fases que van desde el diseño hasta la implementación. En este punto, la CTE es esencial para abarcar todas las tareas de forma eficiente, exaltando las fortalezas de cada uno de los integrantes del equipo y garantizando un proceso coordinado para la consecución de los objetivos del proyecto.

Los ingenieros en formación requieren ser preparados para el mundo laboral; allí, deben ser conscientes de que el diseño, el desarrollo y la implementación de estrategias, nunca surgen de un solo individuo, sino que la integración de las experiencias colectivas, mejora el rendimiento y la proyección de las metas; esto también incluye una reflexión en las habilidades sociales, puesto que la CTE debe estar combinada con la comunicación efectiva, en donde se puedan presentar las ideas de sus colegas de forma tal que recoja todos los puntos de vista.

Otros factores para tener en cuenta en el desarrollo de la Competencia de Trabajo en Equipo son: la innovación y la creatividad; el liderazgo y la colaboración; y, el desarrollo personal y profesional. Todos estos puntos son claves para formación de ingenieros altamente capacitados y adaptables que puedan abordar desafíos técnicos y contribuir al avance la sociedad de manera colaborativa y efectiva.

### **2.3 Evaluación de la competencia trabajo en equipo**

En consonancia con lo anterior, en los últimos años, se han realizado investigaciones que buscan demostrar la adquisición y el refuerzo de competencias como la responsabilidad, la escucha, el trabajo en equipo; al respecto de esta última, Gutiérrez y sus colaboradores presentaron una reflexión sobre la necesidad de otorgar una nota a un trabajo realizado fuera de clase, afirmando que, para asignar valoraciones objetivas, se debe recurrir a la implementación de retos que apunten a soluciones interesantes, que induzcan satisfacción en los estudiantes y que generen un efecto positivo en el proceso formativo, aplicando procesos claros y objetivos.

Todo esto se consolida como ejercicios de socialización y corresponsabilidad que promueven la madurez formativa [28]. De otro lado, en el estudio de Aristizábal-Almanza y otros, se evidenció que la evaluación de la competencia se logra a través de reflexiones profundas por parte de los estudiantes, acerca de su quehacer y desempeño en las actividades propias de la meta asignada, [29]. Estos resultados son reforzados por [30].

### **2.4 Redes sociales en el trabajo equipo para el aprendizaje**

Las redes sociales son plataformas digitales donde las personas u organizaciones establecen vínculos basados en intereses o valores compartidos, sin restricciones físicas o jerárquicas, generando conexiones rápidas entre individuos o empresas en el entorno online, por medio de texto, videos, audio, emoticones entre otros; de esta forma, se facilita el acceso a la información [31-33].

En este sentido, las redes sociales hacen parte de lo que se conoce como web 2.0, la cual corresponde a una versión mejorada de la web 1.0, en donde los contenidos se presentaban en páginas estáticas y unidireccionales, únicamente en formato HTML; por otra parte, con la web 2.0 se tiene el acceso a lugares participativos, interactivos y colaborativos, que permiten la creación e intercambio de contenido entre los usuarios, en tiempo real [34].



Es así como, la revolución digital de la Web y la expansión de numerosos tipos de redes sociales o comunidades virtuales, se han convertido en elementos de uso masivo incorporados a la vida cotidiana. En este sentido, es innegable el hecho de que los jóvenes se encuentran inmersos en el mundo de las redes sociales, que, de acuerdo con [35], estas brindan medios de comunicación, almacenamiento de información y formas de interacción tanto en tiempo real como en diferido. Estas características se pueden utilizar para potenciar y diversificar los procesos de enseñanza-aprendizaje, por lo cual a continuación se presenta un breve recorrido en el tiempo sobre la utilización de las principales redes sociales en la educación:

Entre 2000 y 2005 las redes sociales como Friendster, MySpace y Hi5 comenzaron a ganar popularidad y, aunque no estaban diseñadas específicamente para la educación, algunos profesores y estudiantes comenzaron a usarlas para compartir información, colaborar en proyectos y conectarse con otros en un entorno en línea [36].

Facebook y Twitter, desarrolladas en 2004 y 2006 respectivamente, se convirtieron en las redes sociales más dominantes durante esta época. Las universidades y las escuelas comenzaron a establecer páginas y perfiles oficiales en estas plataformas para compartir noticias, eventos y comunicarse con estudiantes y padres. También surgieron iniciativas informales donde los profesores las utilizaron para interactuar con sus estudiantes fuera del aula [33, 37].

Las plataformas Moodle (2002), Edmodo (2008) y Schoology (2009) fueron creadas específicamente para su uso en el ámbito educativo, las cuales permiten a los profesores crear aulas en línea, compartir recursos, asignar tareas y fomentar la interacción entre estudiantes. Estas plataformas incorporaron características propias de las redes sociales para promover la colaboración y la participación activa [38-40].

Desde el 2020, con la pandemia de Covid-19, el papel de las redes sociales en la educación ha cobrado aún más importancia. La transición repentina al aprendizaje en línea llevó a un aumento en la adopción de plataformas de videoconferencia, como Zoom y Microsoft Teams, para facilitar las clases virtuales y las redes sociales tales como, WhatsApp, Facebook, YouTube, Instagram y Twitter, también se han utilizado para mantener la conexión entre estudiantes y profesores en un entorno en línea, así como para proporcionar recursos educativos y actividades extracurriculares [41].

En consonancia con lo anterior, se puede decir que, la inclusión de las redes sociales en los procesos de enseñanza-aprendizaje promueve la difusión de información, fomenta el aprendizaje autónomo, el trabajo en equipo, ya que a través de ellas los estudiantes pueden expresar sus opiniones, plantear preguntas, participar con personas de diferentes orígenes y perspectivas, promoviéndose la diversidad de ideas y puntos de vista sobre un tema en particular, con espacios para la retroalimentación necesaria, con una interconexión directa entre profesores-estudiantes y entre estudiantes. De esta manera, las redes sociales han sido integradas a la educación como recursos que evolucionan hacia escenarios de aprendizaje basados en la comunicación y colaboración, cuyo uso ha experimentado un gran crecimiento [42, 43].

De acuerdo con [35], [44] y [45], el uso de las redes sociales en el aula favorece el desarrollo de competencias digitales en los estudiantes, aumenta la motivación por aprender ya que hacen parte de su realidad. Además, permite un aprendizaje social de trabajo en equipo, ya que brinda la oportunidad de adquirir conocimiento de los demás, mediante el contacto con individuos de diversos contextos, como estudiantes extranjeros, estudiantes de disciplinas distintas y expertos de otras áreas, permitiendo la revisión de trabajos y proyectos. Los participantes pueden recibir comentarios de sus compañeros, profesores o expertos, lo que les ayuda a mejorar y perfeccionar sus saberes.

En el estudio de [33] sobre el uso académico de las redes sociales Facebook y WhatsApp se encontró que eran utilizadas por los estudiantes como herramientas académicas, para organizar trabajos, tareas, comunicarse con sus compañeros y profesores. En este mismo año, [46], llevó a cabo otra investigación de tipo descriptivo, en tres universidades de Ecuador, donde se determinó que, el uso de redes sociales favorece los procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que contribuyen al desarrollo de habilidades como, el trabajo en equipo, donde aprenden a coordinar tareas con sus compañeros y pedir ayuda cuando es necesario.

[47] desarrolló una investigación con 10 universidades públicas y privadas de Perú, con la cual se determinó que las redes sociales más utilizadas por los estudiantes en el tiempo del Covid-19, para fines académicos, fueron en primer lugar WhatsApp y luego YouTube, las cuales les permitieron trabajar en equipo con sus compañeros en cualquier contexto de tiempo y espacio.

De acuerdo con lo anterior, se puede decir que, las redes sociales cada vez más toman más fuerza y presencia en el ámbito educativo, especialmente en las aulas de clase, por lo cual es necesario que se generen cambios en las estrategias impartidas en el aula, y así defender su uso con fines educativos para que se convierta en un potenciador, logrando así, una mayor motivación en los estudiantes sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje con la guía del profesor, con el fin de alcanzar los objetivos trazados en los diferentes contenidos.

## **2.5 Instrumentos para evaluar trabajo en equipo**

Para todos los profesionales actualmente, una de las competencias más importantes es el trabajo en equipo, de tal modo que su desarrollo y evaluación es necesaria dentro de los procesos de formación profesionales en las instituciones de educación superior [48, 49]. En diferentes investigaciones se han desarrollado metodologías, estrategias y experiencias para el desarrollo de habilidades necesarias para el trabajo en equipo eficaz y eficiente, no obstante, tal como lo expone [48], su evaluación sigue planteando retos.

Por este motivo, algunas de las investigaciones se centran en la pregunta: ¿cómo evaluar el trabajo en equipo? De allí que la tendencia se encuentra principalmente en áreas médicas, como la investigación de [50] quienes desarrollaron un instrumento para evaluar la calidad del trabajo en equipo en entornos de simulación, lograron validar el instrumento y aplicarlo en diferentes salas de educación médica, asimismo, [51] también utilizaron la simulación para informar la validez de 19 herramientas de trabajo en equipo utilizadas para evaluar objetivamente, y otro ejemplo es la investigación de [52] quienes se enfocaron en herramientas del trabajo en equipo dentro de los equipos de quirófano.

En concordancia con lo anterior, de manera más general, se encuentra que el inventario de indicadores de trabajo en equipo TWI monitorea el desarrollo del grupo y puede servir como una herramienta de retroalimentación en el marco de la gestión de proyectos por equipos [53]. No obstante, no se encuentra mayor investigación o avance con respecto al proceso de evaluación de esta competencia, lo cual resulta importante a la hora de reconocer que, la evaluación del trabajo en equipo crea una experiencia educativa más integral al responder a las demandas de la sociedad [54].

Consecuentemente, los principales elementos señalados como causantes de experiencias negativas en el trabajo grupal incluyeron la problemática para planificar reuniones y la desigual participación de los integrantes del equipo [54], sin embargo, se enriquece la experiencia de colaboración de los estudiantes durante las evaluaciones.

Por otro lado, [55] indicaron que la eficacia en la colaboración grupal está correlacionada con calificaciones más altas y la producción de productos de mayor calidad, al igual que la inclusión del desempeño en equipo en la evaluación final de la materia influye en cómo se percibe el desempeño grupal por parte de los estudiantes, así como en las calificaciones otorgadas por los compañeros de equipo [55]. De este modo, a continuación, se describen algunos instrumentos para la evaluación del trabajo en equipo.

### **2.5.1 Diagrama de Gantt**

Los gráficos de Gantt son herramientas visuales utilizadas para planificar y programar proyectos [56]. Estos gráficos de barras ilustran las fechas de inicio y finalización de actividades, así como las relaciones de dependencia entre ellas [57]. Son fáciles de entender y se usan para mostrar la programación de proyectos, resaltando los momentos clave y la duración de cada etapa. Pueden ser útiles en la gestión de proyectos educativos y en la planificación docente, ya que permiten visualizar tareas y tiempos de ejecución. Además, en campos técnicos y científicos, los gráficos de Gantt son herramientas de comunicación efectivas para presentar la gestión de proyectos a audiencias técnicas y profesionales [58].

## 2.5.2 Actas de reunión

Las actas de reunión son documentos que registran de manera detallada los informes y discusiones abordados durante una reunión específica, organizan la información en secciones pertinentes, cada una con títulos apropiados que reflejan los temas tratados. Estos documentos proporcionan un registro estructurado y comprensible de los asuntos abordados durante la reunión, permitiendo a los participantes y a aquellos ausentes tener un resumen claro de los puntos clave discutidos y las decisiones tomadas. Las actas de reunión son una herramienta esencial para la comunicación efectiva y la documentación precisa en el entorno profesional y organizacional [59, 60].

## 2.5.3 Bitácoras

El cuaderno bitácora es una herramienta esencial utilizada por trabajadores y estudiantes en diversos campos, especialmente en áreas como el arte y la ciencia. Este instrumento permite registrar de manera sistemática y cronológica todas las actividades relacionadas con un proyecto en curso. En él se plasman soluciones creativas, avances significativos, observaciones relevantes, así como posibles obstáculos que puedan surgir durante el desarrollo del proyecto. Además, es una herramienta de reflexión y planificación, dado que, al registrar observaciones y reflexiones personales sobre el progreso y los desafíos, los individuos pueden identificar áreas de mejora y ajustar su enfoque en función de las experiencias pasadas [61].

## 2.5.4 Minutas de reunión

Las minutas de reunión son registros escritos esenciales que capturan y documentan de manera precisa el contenido de una reunión o sesión, ofrecen una visión detallada de cómo se desarrolló la reunión, desde su inicio hasta su cierre, comúnmente, inicia con la lista de los participantes presentes, las minutas describen la estructura de la reunión, incluyendo los planteamientos, observaciones y respuestas presentadas por cada asistente. Estos documentos reflejan las interacciones y los debates que ocurrieron durante la reunión, lo que resulta en un resumen completo de los temas discutidos [62].

## 2.5.5 WhatsApp

WhatsApp es una plataforma de comunicación que, además de su uso informal, ha demostrado ser una valiosa estrategia para fomentar el trabajo colaborativo. Otros investigadores han evaluado la utilidad de esta plataforma como una herramienta de colaboración, destacando sus beneficios significativos en contextos educativos [63]. Al proporcionar un espacio virtual para la comunicación en tiempo real, WhatsApp facilita la coordinación y el intercambio de ideas entre miembros de un equipo. Las ventajas identificadas en el estudio [63] resaltan su utilidad para procesos educativos, donde la plataforma ha demostrado ser útil para discutir temas, compartir recursos, planificar proyectos y mantener una comunicación fluida en entornos de aprendizaje.

## 2.5.6 Wikis

Una wiki es un sitio web de fácil edición, permite colaborar fácil y rápidamente, realizando borradores de documentos, llevando un seguimiento de las notas, compartiendo ideas, con posibilidad de realizar modificaciones y chatear en un mismo lugar. De hecho, [64] expone que una wiki es una plataforma efectiva para comunicarse y colaborar, y permite derribar barreras. Además, en el trabajo en equipo, una wiki sirve como un espacio digital colaborativo donde los miembros pueden crear, editar y enlazar páginas relacionadas con un proyecto o tema específico, esto promueve la comunicación continua y la colaboración entre los miembros del equipo, permitiéndoles contribuir con sus ideas, conocimientos y perspectivas de manera organizada y accesible para todos.

## 2.5.7 Semáforos

El semáforo, también conocido como la rutina de pensamiento *semáforo*, es una herramienta que brinda a los estudiantes la capacidad de visualizar y analizar su pensamiento de manera efectiva [65]. En el contexto

de una reunión u otro escenario colaborativo, esta rutina se convierte en una guía esencial para examinar y detectar elementos que pueden requerir una mayor reflexión.

Esta rutina de pensamiento permite a los estudiantes evaluar y categorizar diferentes aspectos del pensamiento expresado durante una reunión. Se identifican señales de duda o preocupación, tales como afirmaciones sin respaldo, generalizaciones excesivas, manifestaciones de intereses personales o argumentos unilaterales, estas señales se clasifican como *luces rojas* o *luces amarillas*, que representan áreas de atención o *zonas de peligro* en el proceso de colaboración grupal.

Reconociendo que el propósito fundamental de la formación en la educación superior es favorecer el desarrollo de competencias blandas y cognitivas, relacionadas con un campo disciplinar, todos los esfuerzos deben enfocarse en implementar estrategias de aprendizaje que favorecen el logro de las metas académicas, es así como este proyecto busca diseñar una metodología formativa que promueva el trabajo en equipo, enmarcado en la relevancia práctica.

### **3. MÉTODO**

#### **3.1 Diseño y población**

El estudio realizado es de carácter aplicado, exploratorio de tipo cualitativo, realizado en la Universidad de La Sabana en el marco del Aseguramiento del Aprendizaje, con el apoyo de estudiantes semilleros y en cooperación con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en el grupo de investigación Interculturalidad, Ciencia y Tecnología INTERCITEC. La metodología propuesta se fundamentó en el diseño de una ruta formativa completa, compuesta por una serie de actividades que deben realizar los estudiantes para garantizar el desarrollo o fortalecimiento de la competencia trabajo en equipo durante un periodo académico.

### **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

#### **4.1 Esquema de la metodología**

##### **4.1.1 Escenario formativo y población a quien se dirige la ruta**

La ruta esta propuesta para desarrollarse en el marco de la asignatura Química General I, ofertada por el Departamento de Procesos Químicos y Biotecnológicos para los programas Ingeniería Química, Ingeniería de Bioproducción y Licenciatura en Ciencias Naturales. Se desarrollará en grupos de 5 estudiantes, escogidos de manera aleatoria, a través de la asignación de grupos de la plataforma MS Teams.


##### **4.1.2 Sensibilización**

Ejercicio que se debe desarrollar en la primera clase del curso, momento en el cual se presentará el proyecto que los estudiantes van a realizar, delimitado por un Aprendizaje Basado en Retos ABR, en el que los estudiantes deberán presentar la solución a un reto que tiene que ver con la disposición de empaques generados en diferentes escenarios dentro de la universidad, como las cafeterías, los restaurantes, las aulas y las oficinas; residuos como: botellas, tapas, desechos alimenticios, plásticos, papel, entre otros.

Durante esta sesión, se darán las indicaciones del trabajo, las reglas, los entregables, las valoraciones, los momentos de socialización y las oportunidades de retroalimentación y la presentación de los resultados finales.

##### **4.1.3 Procedimiento – Consideraciones generales**

El trabajo se desarrollará usando la plataforma *BeChallenge*, en la que se cargará toda la información relacionada con el reto. En la Figura 1 se presenta el formato en el que se establecen las consideraciones generales del proyecto.



**¿Cómo transformar empaques para generar opciones que aporten al medio ambiente?**

**GRAN TEMA**

Promover el desarrollo de las competencias trabajo en equipo e innovación.

**CUESTIÓN INICIAL**

El Aprendizaje Basado en Retos (ABR) provee un espacio de desarrollo y evaluación de competencias y habilidades. La función de este reto no es resolver el reto por sí mismo, es promover las competencias blandas propias de la asignatura Química General I.

**RETO**

**¿Cómo transformar empaques para generar opciones que aporten al medio ambiente?**

**RESUMEN**


El reto tiene como propósito que los estudiantes propongan transformaciones a materiales usados como empaques (orgánicos, inorgánicos, naturales o sintéticos) de forma innovadora de tal forma que se generen productos que aporten positivamente al medio ambiente. La propuesta de solución tiene que utilizar procesos químicos y se debe evaluar aspectos ambientales, sociales y económicos, lo cual deberá evidenciarse de manera explícita en el producto final.

*¿Cómo mejorar de forma innovadora el tratamiento de subproductos residuales o de combinación de referenciados con la Universidad de La Sabana, utilizando química?*

**DESCRIPCIÓN GENERAL**

Vivimos en un mundo dinámico, donde las situaciones de crisis, cambio o transición son una oportunidad para potenciar habilidades y competencias, en consecuencia, las acciones innovadoras marcan la tendencia en la solución de los problemas y retos, es por esta razón que este reto pretende desarrollar las competencias: innovación y trabajo en equipo en los estudiantes de la asignatura Química General I. La idea es que las mejores propuestas reciban el reconocimiento de los pares, los mentores y los formadores.

**FASES DEL RETO**



Autores: Vera-Monroy, S. y Monsalve-Silva S.

**FASE 1: DESCUBRIMIENTO (25 DE JULIO 29 DE JULIO)**

**Objetivo:** reconocer el reto y la dinámica de las reuniones.

**Realizar las siguientes actividades:**

- Planificar una reunión a través de la plataforma MS Teams, en el canal del equipo, se deben vincular todos los participantes.

**Facultad de Ingeniería**

Figura 1. Descripción consideraciones generales de la actividad

De manera ordenada y sistemática se presentaron las actividades que debían realizar los estudiantes, consolidadas en 7 fases, cada una de ellas con una entrega específica (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de las fases del proyecto

Fases	Actividades	Entregable
Descubrimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar una reunión en el canal del equipo, se deben vincular todos los participantes</li> <li>Grabar la reunión, asignar roles de trabajo, los participantes deben rotar por todos los roles</li> <li>Declarar un nombre, logo y eslogan para el equipo</li> <li>Registrar el nombre, logo y eslogan escogidos en un documento, subirlo a los archivos del canal</li> <li>Subir el archivo a BeChallenge y a MS Teams en la carpeta de <i>Fase 1</i></li> <li>Identificar la forma en la que se llenan los formatos de reunión en la plataforma</li> <li>Llenar el formato de reunión Fase 1 y subirlo en una carpeta llamada <i>Fase 1</i></li> </ul>	Documento Formato reunión
Crear Equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar una reunión a través de la plataforma, en el canal del equipo, se deben vincular todos los participantes.</li> <li>Grabar la reunión, asignar roles de trabajo, los participantes deben rotar por todos los roles.</li> <li>Crear el equipo en Bechallenge con el nombre y logo escogido. En la sección de agregar biblioteca vincular los archivos</li> <li>Averiguar sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS y escoger en equipo el objetivo en el cual se enmarcará la solución</li> <li>Escoger un área del mercado disciplinar en la que desarrollará la solución del reto.</li> <li>Proponer mínimo 5 ideas de solución al reto, enmarcadas en el ODS y el área</li> <li>Consignar las ideas en una presentación y subirla a BeChallenge y MS Teams en la carpeta de <i>Fase 2</i></li> <li>Llenar el formato de reunión Fase 2 y subirlo en la carpeta de <i>Fase 2</i></li> </ul>	Presentación Formato reunión
Ideación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar una reunión en el canal del equipo, se deben vincular todos los participantes</li> <li>Grabar la reunión, asignar roles de trabajo, los participantes deben rotar por todos los roles</li> <li>Proponer una solución al reto, en la que se incluya la descripción detallada de la innovación, las ventajas y la mejora realizada. Presentarlo en forma de infografía y subirlo al canal del equipo Nombrar el archivo como SOLUCIÓN VERSIÓN 1 con el nombre y número del equipo y grupo de química. Ejemplo: asignatura, Grupo 1, equipo 1, nombre equipo: QG1-G1-E1-Solución versión 1</li> <li>Subir el archivo a Bechallenge y MS Teams en la carpeta de <i>Fase 3</i></li> <li>Llenar el formato de reunión fase 3 y subirlo en la carpeta de <i>Fase 3</i></li> </ul>	Infografía en pdf Formato reunión

Retroalimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar una reunión a través de la plataforma en el canal del equipo, se deben vincular todos los participantes</li> <li>Grabar la reunión, asignar roles de trabajo, los participantes deben rotar por todos los roles</li> <li>Evaluar el trabajo en equipo, realizando un cara a cara en el que cada uno de los participantes evalúe a todos sus compañeros, mencionando: aportes al equipo, debilidades y oportunidades de mejora, debe existir una justificación bien argumentada</li> <li>Llenar la tabla de evaluación con los aspectos relevantes del encuentro y subir el documento en la carpeta de <i>Fase 4</i></li> <li>Llenar las encuestas de coevaluación y autoevaluación</li> <li>Llenar el formato de reunión <i>Fase 4</i> y subirlo en la carpeta de <i>Fase 4</i></li> </ul>	Tabla cara a cara Formato reunión
Prototipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar una reunión a través de la plataforma en el canal del equipo, se deben vincular todos los participantes</li> <li>Grabar la reunión, asignar roles de trabajo, los participantes deben rotar por los roles</li> <li>Ajustar la solución propuesta, siguiendo las indicaciones de los mentores</li> <li>Presentar la solución ajustada incluyendo la descripción detallada de la innovación, las ventajas y la mejora realizada, por medio de una infografía y subirla al canal del equipo en PDF, como SOLUCIÓN VERSIÓN 2 con el nombre y número del equipo y grupo de química. Ejemplo: QG1-G1-E1-Solución versión 2</li> <li>Subir el archivo a BeChallenge y MS Teams en la carpeta de <i>Fase 5</i></li> <li>Llenar el formato de reunión <i>Fase 5</i> y subirlo a MS Teams en la carpeta de <i>Fase 5</i></li> </ul>	Infografía en pdf Formato reunión
Solución Final	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar una reunión a través de la plataforma en el canal del equipo, se deben vincular todos los participantes</li> <li>Grabar la reunión, asignar roles de trabajo, los participantes deben rotar por los roles</li> <li>Realizar los últimos ajustes a la propuesta</li> <li>Preparar un video de máximo 2 min, en el que se presente la solución final al reto, incluyendo: Objetivo de Desarrollo Sostenible, temática, ventajas de la solución y la innovación, evaluación de los aspectos ambientales, sociales y económicos, y los integrantes se deben ver</li> <li>Debe ser subido con el grupo de química y número y nombre del equipo (debe ser público). Ejemplo: QG1-G1-E1-Solución Final</li> <li>Subir el enlace del video a BeChallenge; asimismo, dejarlo en un mensaje de MS Teams en el canal del equipo</li> <li>Llenar el formato de reunión <i>Fase 6</i> y subirlo en la carpeta de <i>Fase 6</i></li> </ul>	Vídeo Formato reunión
Votación y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificar una reunión a través de la plataforma en el canal del equipo, se deben vincular todos los participantes</li> <li>Grabar la reunión, asignar roles de trabajo, los participantes deben rotar por los roles</li> <li>Evaluar las propuestas presentadas para resolver el reto, tomando la decisión en equipo, de manera que por equipo <i>solo</i> se hace una evaluación de sus compañeros</li> <li>Debatir al interior del grupo sobre el trabajo realizado y asignarse una nota, justificando las razones de ella</li> <li>Llenar las encuestas de coevaluación y autoevaluación</li> <li>Llenar el formato de reunión <i>Fase 7</i> y subirlo en la carpeta de <i>Fase 7</i></li> </ul>	Evaluación de propuestas Encuestas de co-evaluación Encuesta de auto-evaluación Formato reunión

En todas las fases los estudiantes deberán diligenciar un formato en el que consolidarán el trabajo desarrollado en cada una de las fases, donde se declaran los roles que cada uno asumió, los acuerdos y las tareas pendientes para lograr los objetivos. En este proyecto en particular, este elemento es variable, y la razón de esto es evaluar diferentes herramientas para la recolección de la información.

#### 4.1.4 Roles para el trabajo en equipo

La asignación de roles en el trabajo en equipo es un proceso crucial para establecer claridad, responsabilidad y eficiencia en la realización de tareas y la consecución de objetivos comunes. Este proceso consistió en la definición y asignación de roles específicos a cada miembro del equipo, los cuales para esta experiencia de aprendizaje se muestran en la Figura 2, teniendo en cuenta sus habilidades, experiencias y áreas de especialización. Esta práctica contribuye a la distribución equitativa de las responsabilidades y permite que cada individuo aporte de manera significativa al conjunto.

## 4.2 Instrumentos de recolección de la información

Se diseñaron siete instrumentos de recolección de la información sobre la dinámica del trabajo en equipo y la gestión de objetivos y proyectos, todos teniendo como objetivo el seguimiento de resultados y el control

de información. El primero de ellos fue el diagrama de Gantt, que fue diseñado en hoja electrónica, entendiendo que el diagrama de Gantt es una representación visual empleada en el ámbito de la colaboración grupal, con la finalidad de presentar de manera gráfica la planificación anticipada del tiempo asignado para diversas tareas o actividades a lo largo de un período total específico, todo dentro del contexto de un proyecto único. Por lo tanto, se propuso que los miembros del equipo diligenciaran por reunión cada una de las secciones en el formato que se muestra en la Figura 3.

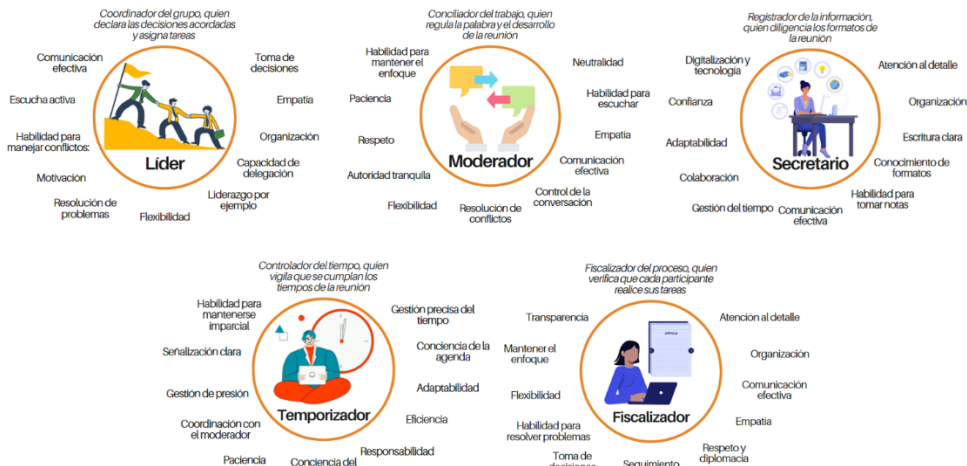


Figura 2. Descripción y habilidades para cada uno de los roles



Figura 3. Formato diagrama de Gantt

En segundo lugar, se tiene el acta de reunión, entendiéndola como un documento que certifica y registra todo lo que ha acontecido o que se haya pactado durante una reunión, por lo tanto, en la Figura 4 se muestra el formato diseñado.

**ACTA DE REUNIÓN**

Universidad de La Sabana | Facultad de Ingeniería | ChemSabana

Acta No. \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

Asistentes: \_\_\_\_\_

Roles:

Líder	Moderador
Secretario	Temporizador
Fiscal	

Empalme: \_\_\_\_\_

Objetivo: \_\_\_\_\_

Temas y Acuerdos: \_\_\_\_\_

Tareas:

Actividad	Responsable

Instrucciones:

- Numera las actas en orden ascendente, empezando en 01
- Digitar la fecha y hora en la que se realizó la reunión
- Digitar el nombre de todos los asistentes
- Asignar un rol a cada participante
- Especificar el estado de las tareas pendientes, indicar si algún participante no cumplió con sus compromisos
- Redactar el objetivo o propósito de la reunión
- Describir los temas desarrollados en la reunión y los acuerdos realizados
- Relacionar las tareas pendientes y asignar uno o varios responsables del desarrollo.

Figura 4. Formato acta de reunión

Por otro lado, se cuenta con la bitácora, donde se documentan de manera secuencial todas las actividades relacionadas con el proyecto, incluyendo soluciones propuestas, progresos realizados, observaciones, obstáculos potenciales, resultados obtenidos y cualquier otra información relevante, el formato diseñado se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Formato bitácora

El siguiente instrumento es la minuta de reunión, a diferencia del acta de reunión proporciona una descripción de la estructura de la reunión, comenzando con una lista de los presentes, siguiendo con los planteamientos, el detalle de la agenda, y finalizando con las conclusiones o tareas, el formato se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Formato minuta

En cuanto a la wiki, se conformó por 7 páginas (1 por reunión), en las cuales los miembros del equipo diligenciaron las siguientes secciones que se muestran en la Figura 7.

Figura 7. Medias de los componentes



Para el caso del instrumento de semáforo, se diseñó un formato (Figura 8) combinado que permitiera realizar el registro de asistentes y roles, y permitiera realizar el ejercicio reflexivo, donde cada grupo clasificó los temas, comentarios, tareas entre otros, tratados en la reunión, dentro del formato correspondiente, es decir por colores.

**Rutina de pensamiento el semáforo**

Fecha	
Roles	

Clasifique los temas tratados en las siguientes categorías, también puede clasificar el seguimiento de las tareas de cada miembro.

Rojo: desacuerdo, atrasado, sin hacer, entre otras.  
Amarillo: en proceso, demorado, entre otras.  
Verde: de acuerdo, finalizado, entre otras.

☹️

😐

😊

Observaciones	
---------------	--

**Figura 8.** Medias de los componentes

Finalmente, para formalizar el instrumento de WhatsApp, se diseñaron unas pautas mínimas de uso de la red social para el desarrollo del proyecto:

1. Crear un grupo en WhatsApp, en el que se incluyan todos los integrantes.
2. Guardar el grupo con el nombre del equipo.
3. Identificar el grupo con el logo diseñado (foto de perfil) e incluir en la descripción del grupo el eslogan creado por el grupo.
4. Consignar toda la información relevante de las reuniones en el grupo, aclarando el rol, las actividades y las tareas que cada persona desarrolla o debe desarrollar.
5. Incluir a los mentores y al profesor como integrantes del grupo.
6. En los momentos asignados, descargar el compilado del grupo y compartirlo en el equipo de Teams.

La metodología que se estructuró en siete fases secuenciales, cada una de ellas diseñada para abordar aspectos específicos del proceso de aprendizaje colaborativo, apuntaron al propósito fundamental de la formación en la educación superior, en el que se establece la necesidad de implementar estrategias de aprendizaje que faciliten la consecución de objetivos académicos. En este sentido, en el esquema de la metodología, se destaca la importancia de seleccionar cuidadosamente el escenario formativo y la población objetivo.

Por otro lado, la sensibilización inicial, que introdujo el proyecto basado en un Aprendizaje Basado en Retos ABR, impulsa la comprensión y la valoración del trabajo en equipo desde el comienzo del proceso, dado que los estudiantes se han involucrado activamente en la presentación de soluciones a retos reales, fomentando la aplicación práctica de sus conocimientos y habilidades en la resolución de problemas concretos.

Un elemento distintivo de la metodología es la asignación de roles en el trabajo en equipo. Teniendo en cuenta que los roles específicos son definidos y asignados a cada miembro del equipo, y todos los integrantes tienen la posibilidad de experimentar los diferentes roles, se promueve la distribución equitativa de responsabilidades y la contribución significativa de cada individuo al grupo, potenciando a su vez el desarrollo de diferentes habilidades que son necesarias para el trabajo eficaz.

Los instrumentos de recolección de información diseñados, como el diagrama de Gantt, el acta de reunión, la bitácora, la minuta de reunión, la wiki, el semáforo y el uso de WhatsApp, han proporcionado una evaluación integral de la dinámica del trabajo en equipo y la gestión de objetivos y proyectos. Estos

instrumentos han facilitado la reflexión y el análisis crítico de los procesos, permitiendo a los estudiantes identificar áreas de mejora y aplicar ajustes pertinentes.

Finalmente, se reconoce que la metodología formativa desarrollada representa un enfoque relevante, práctico y estructurado para promover el trabajo en equipo en la educación superior. Al establecer un marco claro y secuencial, así como herramientas específicas de evaluación y comunicación, por lo tanto, tiene el potencial de enriquecer la experiencia de aprendizaje y fomentar el desarrollo de competencias colaborativas esenciales en el contexto académico y el proceso formativo profesional. Estos resultados sugieren la posibilidad de ampliar y adaptar esta metodología a otros contextos educativos y disciplinas, contribuyendo así al fortalecimiento de la formación en competencias blandas y cognitivas en la educación superior.

## **5. CONCLUSIONES**

El Aprendizaje Basado en Retos ha permitido a los estudiantes enfrentar un desafío real y relevante relacionado con la disposición de empaques generados en diferentes áreas dentro de la universidad, fomentando así su participación activa y su compromiso con la resolución de problemas concretos. La fase inicial de sensibilización se ha revelado como un punto de partida esencial, donde la presentación del reto y la delimitación clara de las expectativas y objetivos han establecido un fundamento sólido para el desarrollo de las actividades posteriores. Además, se ha promovido un entorno de aprendizaje colaborativo desde el inicio, al asignar roles específicos a cada miembro del equipo en función de sus habilidades.

A través de las distintas fases del proyecto, se ha destacado la importancia de la diligencia en el registro de las actividades y la comunicación constante entre los miembros del equipo. La variabilidad en la recolección de información ha permitido evaluar diversas herramientas y enfoques, enriqueciendo así la comprensión de la dinámica del trabajo en equipo y la gestión de objetivos y proyectos.

La asignación de roles específicos ha resultado fundamental para promover la claridad en las responsabilidades y la eficiencia en la ejecución de tareas, donde la distribución equitativa de las funciones ha facilitado la participación activa de cada estudiante y ha enriquecido la colaboración interdisciplinaria, puesto que la diversidad de habilidades y perspectivas contribuyen significativamente a la calidad de los resultados obtenidos.

## REFERENCIAS

- [1] Qizi K. (2020). Soft skills development in higher education. *Universal Journal of Educational Research* 8(5), 1916–1925.
- [2] Brown L. (2018). Soft skill development in the higher education curriculum: A case study. *IUP Journal of Soft Skills* 12(4), 7–29.
- [3] Succi C. y Canovi M. (2020). Soft skills to enhance graduate employability: Comparing students and employers' perceptions. *Studies in higher education* 45(9), 1834–1847.
- [4] Moreno L. y Quintero Y. (2021). Relación entre la formación disciplinar y el ciclo profesional en el desarrollo de las habilidades blandas. *Formación universitaria* 14(3), 65–74.
- [5] Vera F. (2021). Competencias blandas para la fuerza laboral del siglo XXI. *Transformar* 2(2), 20–29.
- [6] Gómez M. (2019). Las habilidades blandas competencias para el nuevo milenio. *Divulgare boletín científico de la Escuela Superior de Actopan* 6(11).
- [7] Chávez M. y Fuentes N. (2022). Habilidades blandas y habilidades duras, clave para la formación profesional integral. *Ciencias Sociales y Económicas* 6(2), 27–37.
- [8] Jaramillo B. y Quintero S. (2021). Trabajando en equipo: Múltiples perspectivas acerca del trabajo cooperativo y colaborativo. *Educación y Humanismo* 23(41), 205–233.
- [9] González R. y Melo T. (2019). Analyzing dynamic capability in teamwork. *Journal of Knowledge Management* 23(6), 1196–1217.
- [10] McEwan D. (2020). The effects of perceived teamwork on emergent states and satisfaction with performance among team sport athletes. *Sport Exerc Perform Psychol* 9(1), 1–15.
- [11] Martono S. et al. (2020). Increasing teamwork, organizational commitment and effectiveness through the implementation of collaborative resolution. *Journal of Asian Finance, Economics and Business* 7(6), 427–437.
- [12] García M. et al. (2023). Influencia de la competencia para trabajar en equipo en las habilidades para el futuro laboral. *REOP - Revista Española de Orientación y Psicopedagogía* 34(2), 86–109.
- [13] González R. y de Melo T. (2019). How do autonomy, cohesion and integration of teamwork impact the dynamic capability? *Total Quality Management & Business Excellence* 32(7-8), 794–810.
- [14] Doukanari E. et al. (2021). The quest for sustainable teaching praxis: Opportunities and challenges of multidisciplinary and multicultural teamwork. *Sustainability* 13(13).
- [15] Rojas D. et al. (2019). El trabajo cooperativo como herramienta formativa en los estudiantes universitarios. *REICE Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* 17(3), 41–58.
- [16] Sevilla C. y Fachelli S. (2019). La competencia de trabajo en equipo: Una experiencia de implementación y evaluación en un contexto Universitario. *REIRE Revista d Innovació i Recerca en Educació* 12(2).
- [17] Del Carmen M. et al. (2018). The competency-based approach in the Spanish university context. The vision of the teaching staff. *Revista de Investigacion Educativa* 36(2), 529–545.
- [18] Almerich G. et al. (2020). Structure of 21st century competences in students in the sphere of education. influential personal factors. *Educacion XXI* 23(1), 45–74.
- [19] López G. et al. (2020). La competencia aprender a aprender en la universidad: Propuesta de modelo teórico. *Educación XXI* 23(1), 19–44.
- [20] González A. (2023). Un cómic muy sostenible: Aprendizaje cooperativo con ABC y TPA en 3o EP. Recuperado: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/37869>
- [21] Cassidy K. (2007). Tuckman revisited: Proposing a new model of group development for practitioners. *Journal of Experiential Education* 29(3), 413–417.
- [22] Miller D. (2003). The stages of group development: A retrospective study of dynamic team processes. *Canadian Journal of Administrative Sciences* 20(2), 121–134.
- [23] Wei S. et al. (2023). Revisiting Tuckman's team development model in first-year engineering multicultural teams. *Journal of Engineering Education*.
- [24] Koutroubas V. y Galanakis M. (2022). Bandura's social learning theory and its importance in the organizational psychology context. *Journal of Psychology Research* 12(6).
- [25] Fernández F. (2022). Investigaciones y tendencias actuales que involucran la sensibilidad intercultural: Percepciones asociadas a la educación intercultural. *CIEG Revista arbitrada del Centro de Investigación de Estudios Gerenciales* 56, 125–139.
- [26] Bohórquez M. et al. (2019). Desarrollo de competencias mediante ABP y evaluación con rúbricas en el trabajo en grupo en Educación Superior. *REDU Revista de Docencia Universitaria* 17(2), 197–210.
- [27] Crichesky G. y Murillo F. (2017). La colaboración docente como factor de aprendizaje y promotor de mejora. Un estudio de caso. *Educación XXI* 21(1).
- [28] Gutiérrez B. et al. (2022). La evaluación del trabajo en equipo fuera del aula: Estudio de caso de experiencias docentes sobre el eje de investigación. *Revista Boletín Redipe* 11(3), 352–363.
- [29] Aristizabal J. et al. (2018). Aprendizaje activo para el desarrollo de la psicomotricidad y el trabajo en equipo. *Revista Electrónica Educare* 22(1), 319–344.

- [30] Cornali F. (2018). Training and developing soft skills in higher education. En 4th International Conference on Higher Education Advances.
- [31] Brito J. et al. (2015). The use of social networks by universities at institutional level. A comparative study. RED Revista de Educación a Distancia 32.
- [32] Fuchs C. (2017). Social Media. Omega.
- [33] Serra C. et al. (2017). El uso académico de Facebook y WhatsApp en estudiantes universitarios: Un estudio comparativo entre España y Ecuador. Ecos de la Academia 3(6).
- [34] Caballero M. (2011). Aspectos de seguridad en Web 2.0 y redes sociales. Alfa.
- [35] Ayerdi K. et al. (2011). The implementation of social networking in higher education college. Tejuelo 12, 137-155.
- [36] Lemus K. et al. (2014). Redes sociales. Unitas.
- [37] Tur G. et al. (2017). Using twitter in higher education in Spain and the USA. Comunicar 25(51), 19-27.
- [38] Valenzuela R. (2013). Social networks and their application in education. Revista Digital Universitaria 14(4), 1-13.
- [39] Psicopedagogía. (2015). Web 2.0. Recuperado: <http://www.revistapilquen.com.ar/64>
- [40] Peña M. y Dibut L. (2021). Algunas consideraciones sobre el desarrollo de la plataforma Moodle. Conrado 17(83).
- [41] Guillén J. et al. (2022). Desarrollo de actividades escolares y redes sociales en pandemia: Una mirada desde la percepción de estudiantes. Rev. Cienc. Soc. 28(4), 400-411.
- [42] Cabero J. et al. (2019). Percepciones de estudiantes universitarios chilenos sobre uso de redes sociales y trabajo colaborativo. RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia 22(2).
- [43] Cabero J. et al. (2017). Dispositivos móviles y realidad aumentada en el aprendizaje del alumnado Universitario. RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia 20(2).
- [44] Hortiguera D. (2015). Uso de las redes sociales en el aula. Ruta Maestra 12, 69-73.
- [45] Catagua J. y Cevallos Á. (2019). El uso académico de las redes sociales: Estrategias metodológicas de aplicación en el aula de clases. Revista de Ciencias Humanas y Sociales 4(3), 29-38.
- [46] Juan S. et al. (2017). Redes sociales y el rendimiento académico, caso de estudio ESPOCH, UNACH, UEB- Universidades Ecuatorianas.
- [47] Casimiro W. et al. (2022). Uso de las redes sociales virtuales por estudiantes universitarios en tiempos de Covid-19. Revista Universidad y Sociedad 14(4), 363-368.
- [48] Planas A. et al. (2021). An analysis of teamwork based on self and peer evaluation in higher education. Assess. Eval. High. Educ. 46(2), 191-207.
- [49] De Prada E. et al. (2022). Teamwork skills in higher education: Is university training contributing to their mastery?. Psicología: Reflexão e Crítica 35(1).
- [50] Kiesewetter J. y Fischer M. (2015). The teamwork assessment scale: A novel instrument to assess quality of undergraduate medical students' teamwork using the example of simulation-based ward-rounds. GMS Z Med. Ausbild. 32(2).
- [51] Wooding E. et al. (2020). Evaluation of teamwork assessment tools for interprofessional simulation: A systematic literature review. J Interprof Care 34(2), 162-172.
- [52] Etherington N. et al. (2021). Measuring the teamwork performance of operating room teams: A systematic review of assessment tools and their measurement properties. J. Interprof. Care. 35(1), 37-45.
- [53] Holen A. y Sortland B. (2022). The Teamwork Indicator – A feedback inventory for students in active group learning or team projects. European Journal of Engineering Education 47(2), 230-244.
- [54] Wilson L. et al. (2018). Student perceptions of teamwork within assessment tasks in undergraduate science degrees. Assess Eval High Educ 43(5), 786-799.
- [55] Planas A. et al. (2021). An analysis of teamwork based on self and peer evaluation in higher education. Assess. Eval. High. Educ. 46(2), 191-207.
- [56] Albrecht J. (2018). GIS Project Management. Elsevier.
- [57] Bednjanec A. y Filipovic M. (2013). Application of Gantt charts in the educational process. IEEE.
- [58] Robles V. (2018). Visualizing certainty: What the cultural history of the gantt chart teaches technical and professional communicators about management. Technical Communication Quarterly 27(4), 300-321.
- [59] Neville K. y Re S. (2019). Guidelines for creating meaningful meeting minutes. Teaching and Learning in Nursing 14(4), 235-237.
- [60] Ito H. et al. (2019). Relationships among information items of meeting minutes in a minutes management system MRS. Procedia Comput Sci 159, 192-201.
- [61] Palomero J. y Fernández M. (2005). El cuaderno de bitácora: Reflexiones al hilo del espacio europeo de la educación superior. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 1-9.
- [62] LeBlanc L. y Nosik M. (2019). Planning and leading effective meetings. Behav. Anal. Pract. 12(3), 696-708.
- [63] Vilches M. et al. (2012). Diseño y validación de un cuestionario para valorar Whatsapp en la regulación de trabajo en grupo. Etic@net 15(2), 245-272.
- [64] Davidson R. (2012). Wiki use that increases communication and collaboration motivation. Journal of Learning Design 5(2).
- [65] Thinking pathways. (2019). Traffic light reflection. Traffic light reflection.

# Diagnóstico de valores ambientales en estudiantes de la educación básica primaria

Damaris Vanegas Calimeño<sup>1</sup>

Ana Patricia León Urquijo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institución Educativa San Rafael del Distrito de Buenaventura*

<sup>2</sup>*Universidad Popular del Cesar*  
Colombia

De acuerdo con el problema de la destrucción de los bosques, que afecta los ciclos de vida y del agua, se ha observado que algunos estudiantes de la Institución Educativa San Rafael del Distrito de Buenaventura, Colombia, son causantes de esta situación, toda vez que atentan contra la fauna y la flora del bosque aledaño. Por esto surge la pregunta: ¿cuáles son los valores ambientales que tiene los estudiantes de grado 4º de educación básica primaria? Para dar respuesta se realiza una encuesta para medir estos valores y conocer lo que piensan sobre el cuidado de los recursos naturales. Para tal fin se presentan algunos antecedentes sobre esta temática y fundamentación teórica. El enfoque de este estudio es mixto, porque se recolectan datos que se cuantifica de preguntas cerradas que se procesa estadísticamente para obtener frecuencias y porcentajes, y se obtiene información cualitativa de justificación abierta de sus respuestas, para el análisis de los alcances que conocimientos y valores ambientales que poseen los estudiantes. Se encuentra que, en general, más de la mitad de los encuestados tiene conocimientos sobre la importancia del cuidado de los recursos naturales, la responsabilidad que el ser humano tiene sobre el agotamiento de los mismos y de ciertas medidas necesarias para frenar el deterioro de los ciclos ecológicos. Pero no son claros en expresar el compromiso que tienen en mejorar las condiciones del entorno en que habitan. Por lo que se justifica la necesidad de tomar medidas pedagógicas ambientales que conduzcan a la formación de valores que propendan por el desarrollo sostenible del entorno escolar y familiar próximo.

---

<sup>1</sup> Especialista en Pedagogía Ambiental y Desarrollo Sostenible. Contacto: [correo\\_vcd187mercy@hotmail.com](mailto:correo_vcd187mercy@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación. Contacto: [correo\\_apeleon12@gmail.com](mailto:correo_apeleon12@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

La deforestación es un problema generado por la tala indiscriminada de árboles que degrada el suelo y modifica el ecosistema, afecta la flora y la fauna como también las fuentes hídricas. Esta problemática influye en el 74% de la generación de pobreza en el planeta, porque en las áreas rurales las personas viven de los recursos naturales y la producción agraria para el sustento diario, toda vez que más o menos el 80% del consumo de alimentos se basa en plantas, entre ellas las más frecuentes son los cereales (arroz, maíz y trigo) que aportan el 60% para el gasto energético. También se ha calculado que el 80% de los habitantes de zonas rurales de países en vía de desarrollo, utilizan plantas medicinales para la atención básica de la salud [1].

La Organización de las Naciones Unidas estima que, de la población mundial, 1000 millones (13%) de personas habitan en las montañas, por lo que están geográficamente aislados y en riesgo de hambre por la pobreza [1]. En el informe [2], la deforestación es consecuencia del uso irracional de los recursos naturales y el principal depredador es el hombre, pero también los fenómenos de la naturaleza frenan el surgimiento de nuevos árboles, esto impide que las capas del suelo se vuelvan a nutrir, cuya consecuencia es la erosión cuando no se pueden regenerar. Esta situación preocupa a los ambientalistas y ha generado interés en algunos gobernantes porque se presentan efectos en todo el planeta que se manifiesta con temperaturas elevadas, las cuales inciden en la destrucción de los ecosistemas y la salud humana.

Según datos del Ministerio del Ambiente en Colombia en 2021 se ha deforestado 174.103 ha de bosques, esto es un aumento de 1,5% con respecto a 2020 [3], la mayor deforestación sucede en la Selva Amazónica, por la tala de árboles para extracción de madera, de manera ilegal, el gobierno nacional está tomando medidas para disminuir este flagelo. En el departamento del Valle del Cauca 629 ha son deforestadas en 2015 [4, que afecta el bosque seco que es el ecosistema más afectado, que tiende a desaparecer y se estiman que queda 8% en el territorio [5]. La Institución Educativa San Rafael es pública y tiene un espacio de terreno aledaño al edificio donde funciona que, décadas atrás, era un bosque que ecológicamente dio beneficios a la comunidad educativa sombra, aire fresco, puro y acogida a la flora y fauna del ecosistema; pero personas ajenas al colegio, intervienen de forma destructiva, construyen edificios y cortan árboles que con el tiempo se disminuye el bosque, y quedan pocas plantas nativas. En cuanto al a la pedagogía en formación ambiental de los estudiantes de la Institución Educativa San Rafael del Distrito de Buenaventura no es continuo.

Aunque se programan actividades para el mejoramiento del ambiente, no se ha logrado la educación en valores ambientales en los estudiantes, se observan actitudes poco solidarias para la reducción de los residuos en el suelo y en el terreno de lo poco que queda del bosque; se presentan dificultades en el reciclaje; además abandonan de programas por lo que quedan inconclusos. Esta situación conlleva a la proliferación de insectos transmisores de enfermedades como paludismo, malaria, dengue, y otras que transmiten los roedores como leptospirosis y rabia entre otras, que suelen ser letales para la vida de la comunidad educativa.

Por lo que se requiere educar a los estudiantes para que se generen valores ambientales con la participación en la reforestación del terreno que se encuentra baldío en las inmediaciones de la I.E., por lo que surge el siguiente interrogante: ¿Cómo influye las prácticas de reforestación del bosque en la construcción valores ambientales en los estudiantes de la Educación Básica? El objetivo de esta publicación es presentar el diagnóstico de los valores ambientales que poseen los estudiantes con respecto a la reforestación del bosque que tienen a su alcance. Lo que posteriormente permite el diseño de las estrategias para la generación de acciones concretas para solucionar el despoblamiento de las zonas donde se han talado los árboles y recuperar el bosque.

La investigación se justifica desde el punto de vista de la salud de la comunidad educativa porque ésta depende de salud de los ecosistemas, y a su vez la salud del bosque, dependen de las acciones humanas [6]. El Objetivo del Desarrollo Sostenible 15, en las metas de la Agenda 2030, reconoce la necesidad de que los ecosistemas generen bienestar, por lo que las estrategias de impacto son necesarias para evitar la extinción de los árboles que forman parte de un ecosistema. Por lo que el estudio debe mejorar la reforestación continua con la labor pedagógica que se integre al PRAE de forma novedosa que motive a los estudiantes a participar de manera voluntaria con el convencimiento de que es para el bienestar de la naturaleza y de los

seres que habitan en ella. Así se logra la formación de los estudiantes en valores ambientales porque las acciones concretas facilitan mejorar las propiedades del aire, se reducen las temperaturas en las aulas con la sombra de los árboles, como también se recupera la flora y la fauna del bosque.

El impacto social consiste en la integración al proyecto de la comunidad educativa, los lugareños que habitan cerca del bosque y la integración del sector oficial del Establecimiento Público Ambiental -EPA- de Buenaventura con la experiencia en el cuidado del ambiente, que se integran con habilidades y competencias en ciencias naturales para garantizar la permanencia a mediano y largo plazo en la I. E. Cuando se plantan árboles es necesario el acompañamiento de varios sectores civiles y gubernamentales de tal forma que genere cohesión social para la supervisión continua, porque el crecimiento de los árboles depende del cuidado de todos y se logra con el fomento de valores ambientales que perduren y sean transmitidos a las generaciones venideras. Se justifica desde la pedagogía ambiental en la puesta en escena de múltiples aprendizajes en el aula, con acciones para hacer visible los valores a través de los compromisos con el ambiente para permitir la vida en todas sus formas, lo que implica lo ético y social, que reafirma compromisos con la naturaleza desde el pacto social que haga posible como prioridad la subsistencia de las diversas especies.

Entre los antecedentes de estudios internacionales sobre los valores ambientales en los estudiantes de la educación básica a nivel internacional se encuentra el estudio realizado en Venezuela sobre el diseño de estrategias didácticas con el propósito para la formación de los valores ambientales en los estudiantes de la educación primaria, que es el camino que se debe recorrer para incorporarlos y fortalecerlos para lograr una sociedad sensible que recupere y proteja la naturaleza [6]. En la tesis realizada en Lima Perú sobre la conciencia ecológica de estudiantes de primaria en una institución educativa pública, evalúan la conciencia ecológica de los estudiantes de grado 3º y fortalecen los valores sobre los conocimientos y experiencias de ellos que se ven reflejados en el entorno escolar [7].

En Colombia se encuentra el estudio sobre comportamiento ambiental y valores ecológicos de estudiantes de grado 4º de educación básica primaria, que da solución a la necesidad de incentivación de los comportamientos ambientales, el desarrollo de las actitudes y los valores ecológicos para la salud, en el proyecto PRAE, se logra que adquieran la capacidad de adoptar esos valores que les permite cambios generacionales [8]. Ante la problemática del manejo inadecuado de los residuos en una I. E. del municipio de Sandoná en el departamento de Nariño, (Colombia), se propone el fortalecimiento de los valores ambientales, para ello desarrollan actividades lúdicas pedagógicas para la reutilización de materiales reciclables, con estudiantes de la educación básica y sus profesores, con ello los capacitan y sensibilizan sobre el respeto y conservación del entorno que habitan con el propósito de la recuperación de los recursos naturales que incide en las especies vegetales y animales y en la vida comunitaria [9].

También se destaca la investigación sobre la enseñanza de valores ambientales, como estrategia didáctica que permita la vivencia de un Proyecto Ambiental Escolar PRAE en instituciones educativas del departamento de Antioquia (Colombia), para la formación de esos valores en su comunidad educativa quienes participan del cuidado de los bosques y recursos naturales [10].

En el departamento del Valle (Colombia) se encuentra una investigación sobre el diseño del proyecto ambiental escolar PRAE orientado hacia la apropiación de los valores ambientales en la Institución Educativa Escuela Mercantil en el municipio de Tuluá, los estudiantes mejoran las condiciones ambientales, participan en el PRAE escolar con una acogida de 87%, dan iniciativas para la realización de actividades ecológicas en manera voluntaria [11]. La problemática de deforestación y la falta de valores ambientales es producto de las acciones humanas que aún es vigente. Por esta razón, estos estudios presentan experiencias vividas en educación ambiental, pone a prueba herramientas pedagógicas ambientales como el PRAE que dan paso a los proyectos ecológicos para lograr cambios significativos en la I. E. y en los estudiantes, que se refleja en sus acciones de cuidado del entorno.

El ecosistema y todo lo que lo representa son las relaciones entre los seres de la naturaleza que componen una forma de vida en la que unos dependen de los otros para la subsistencia, como los ciclos del agua, del aire y de los animales y las plantas, esto se debe abordar en la educación ambiental que debe iniciarse desde los primeros años escolares, desde la primera infancia en el hogar y luego en la escuela con la formación que

se refuerza en la segunda infancia, esto contribuye a la construcción de valores ambientales que contribuyen al desarrollo de las dimensiones física, emocional, cognitiva, artística de los estudiantes, para que en el presente participen con la toma de conciencia sobre la necesidad de contribuir de manera positiva al ambiente y futuro contribuyan con la divulgación a otros sobre ello, para que cuiden de su entorno próximo y luego se extiendan a otros que necesiten de la preservación de los recursos naturales. Es importante que reconozcan que las inadecuadas prácticas de los seres humanos han deteriorado el planeta, por desconocimiento o por la falta de civismo y cultura que han impedido la protección de la naturaleza.

Los valores ambientales se forman en los estudiantes de preescolar porque ellos tienen la capacidad de observación e indagación sobre todo lo que hay a su alrededor, son exploradores por naturaleza y descubren lo nuevo que hay en su entorno. El profesor debe aprovechar esas actitudes innatas a las edades tempranas, por lo que es importante la búsqueda de estrategias en donde se desarrollen estas cualidades, para abordar de manera atractiva lo referente a los valores ambientales [12], puesto que lo que se aprende e integra a los conocimientos de los estudiantes a estas edades quedan arraigadas en las estructuras de su personalidad.

El concepto de valores ambientales o ecológicos se manifiesta en los comportamientos que se observan en los estudiantes con respecto a su entorno próximo y su zona de influencia. Estos son positivos cuando en sus acciones demuestran de manera espontánea el cuidado de los recursos naturales, su hábitat y demuestran responsabilidad en uso que hacen de ellos para la subsistencia. Se espera que estas acciones con el tiempo se convierten en hábitos saludables y permanentes de preservación de los seres vivos en su hábitat, de tal manera que tenga como meta dejar el planeta mejor de lo que lo encontraron cuando llegaron a él. En la construcción de los valores ambientales en la educación formal se requiere de estrategias pedagógicas ambientales que inviten de manera agradable a participar de acciones concretas que se pueden implementar en el currículo escolar de manera transversal, a través los Proyectos Educativos Ambientales PRAE, que involucren a la comunidad educativa para el logro de la promoción de cambios que contribuyan a la formación de una sociedad justa y equitativa, cuya base es la convivencia de respeto con el ambiente próximo y con todos los seres vivos con la inclusión de los recursos que requieren para su subsistencia [13], tales como el agua, el aire y el suelo que forman parte del ecosistema.

Entre los valores ambientales están: respeto, austeridad, co-responsabilidad, solidaridad, coherencia y empatía. El valor del respeto es el principal valor del que se desprenden los otros, se requiere en la convivencia para construir la paz personal y con los otros, con respecto al ambiente. Implica el reconocimiento de que existen variadas formas de vida y sus relaciones de convivencia en el planeta y que son parte de la existencia, que se debe cuidar, porque sin ellos no es posible las sobrevivencias de ellas y de los seres humanos. La austeridad se refiere a ser consciencia del consumo responsable de lo que se necesita, por lo que se requiere la reducción de todo tipo de productos obtenidos de la naturaleza y de producción industrial, porque de ello depende la disminución de la contaminación, por lo que se debe adquirir hábitos de reutilización de los desechos que pueden tener otra utilidad, como el cartón, el papel, los envases plásticos [13] y reciclar los que se pueden transformar como vidrios, electrodomésticos, latas, cables, muebles entre otros que hacen parte del confort de los hogares.

El valor de la co-responsabilidad se refiere a la formación de los estudiantes de manera consciente para que asuman de manera responsable de forma individual y colectiva comportamientos que conlleven al mejoramiento del ambiente que está amenazado por las acciones del consumo descontrolado. Eso implica cambios que se inician de manera personal, que en las interacciones escolares se convierten en colectivos, porque de manera colaborativa se genera cohesión grupal que ejerce presión y mejoramiento de las acciones que conlleven al cuidado del entorno [14]. El valor de la solidaridad se observa en las acciones para la conservación de todos los recursos de naturales en cualquier lugar donde se encuentren. Esto implica equidad en la utilización de ellos, con la correspondiente reposición para no afectar el ecosistema, así se reparan y renuevan, esto garantiza que haya suficiente para las actuales y nuevas generaciones [13, 14].

El valor de la coherencia se observa en las actuaciones en concordancia con lo que se piensa con respecto al ambiente [13], por lo que las actitudes hacia latentes de las personas se deben convertir en actuantes, es decir debe ser coherente entre lo que considera que debe ser y lo que se hace con respecto a la naturaleza, es llevar las ideas positivas a acciones concretas [15]. El valor de la empatía se comprende como el sentimiento positivo



que identifica a una persona con la naturaleza, se tiene conciencia que lo que la afecta inicie en ella misma. Existe el lema *Salvemos el planeta*, pero está implícito en salvarse el ser humano con proyección hacia el futuro, es decir que se logre la supervivencia de la especie humana, para permitir que continúe en el planeta [13].

Le corresponde a la pedagogía ambiental el fomento del desarrollo de los valores ambientales, para ello debe proporcionar conocimientos a los estudiantes desde el principio de la escolaridad, esto implica que se tenga en cuenta las experiencias con la que llegan a la escuela producto de las interacciones familiares y sociales, que de manera conjunta se tienen del ambiente natural, que es personalizada y se robustece con los aprendizajes y prácticas grupales en la adquisición de saberes que se convierten en hábitos responsables visibles en los comportamientos que son la base de la formación de valores ambientales. La adquisición de esos aprendizajes y valores les permite proyectarse a futuro en la toma de decisiones grupales que benefician los grupos sociales a los que pertenecen y tomar posiciones políticas acertadas en beneficio la conservación de los recursos naturales [16].

La formación en valores ambientales en los estudiantes de la segunda infancia no es una labor fácil, porque sobre esta temática poco se trata en los hogares, a pesar de que los medios de comunicación han difundido las acciones que se realizan a nivel mundial y nacional. La tarea ha quedado para la escuela, toda vez que la relevancia y a los peligros en que se encuentra el ambiente que afecta directamente los recursos naturales e indirectamente a los seres humanos que se reflejan en diferentes escenarios [17]. Le corresponde a la escuela dar inicio a la educación que conduzca a la formación de valores ambientales, de manera transversal en todos los niveles de la educación formal, por lo que las estrategias pedagógicas deben ser atractivas, con los pequeños a través del juego y al acercamiento a las problemáticas de la vida en el planeta con videos y observación directa contaminación, consumo energético, reciclaje, aprovechamiento del agua [12], entre otros.

El dibujo les permite plasmas sus sentimientos, pero también los relatos verbales y escritos, son una forma de expresión de lo que piensan y lo que pueden hacer. Es importante que aprendan a dialogar para conocer sus sentimientos y saberes y llegar a consensos en grupo, para posteriormente elegir normas de convivencia ambiental. Esto les sugiere conocer directamente con una encuesta dirigida a los estudiantes sobre los conocimientos y comportamiento sobre aspectos de los valores ambientales como la disposición de los residuos, la reforestación, el reciclaje, la reutilización entre otros. Para ello se utilizan un cuestionario. A continuación, se presenta el método que permite llevar a cabo esta parte de la investigación.

## 2. MÉTODO

Para el desarrollo del estudio el enfoque más apropiado es el mixto, toda vez que se realiza cuantificación de respuestas cerradas (cuantitativo) y también análisis de respuestas abiertas de forma cualitativa. El alcance es descriptivo porque especifica los aspectos que pueden dar una visión clara de los valores ambientales que poseen los estudiantes. El diseño es transversal descriptivo, porque se toma información en un momento de tiempo [18], en la primera fase se solicitan las autorizaciones para realizar el estudio, a la dirección académico administrativa de I. E. y a los padres de familia mediante la firma del consentimiento informado para la participación de los estudiantes. En la segunda fase se ubica una encuesta sobre valores ambientales que ha sido validada y aplicada en una investigación. En la tercera fase aplican la encuesta a los estudiantes. En la cuarta fases se levanta la base de datos y se procesa la información para obtener los resultados. En la quinta fase se analizan los resultados para obtener el diagnóstico sobre los valores ambientales que poseen los estudiantes de grado 4º Posteriormente se realiza un análisis de los datos, que se discuten con las bases teóricas y se redactan las conclusiones y recomendaciones.

La muestra no probabilística, porque es dirigida a criterio del investigador [19], consta de 16 estudiantes del grado 4º de los cuales 7 son mujeres y 9 hombre (Figura 1) y en edades comprendidas entre los 9 a 13 años (Figura 2) para referirse a ellos en los resultados se denominan E1, E2, E,3 ... E16, para tener control de las respuestas. Se eligen porque los reportes de comportamiento cívico de ellos, han incurrido en falta de compromiso con el cuidado del ambiente de la I. E. es decir, arrojan desechos en el aula de clase y el patio de recreo, muestran poco compromiso con el cuidado del bosque aledaño a la I. E., quiebran las ramas de los

árboles, arrojan piedras a las pocas aves que se encuentran en lo que queda del bosque. Los criterios de inclusión son: estar matriculados el grado 4º y que los padres de familia firmen el consentimiento informado, que contesten la encuesta en horarios regulares de clase y que lo hagan de forma voluntaria.

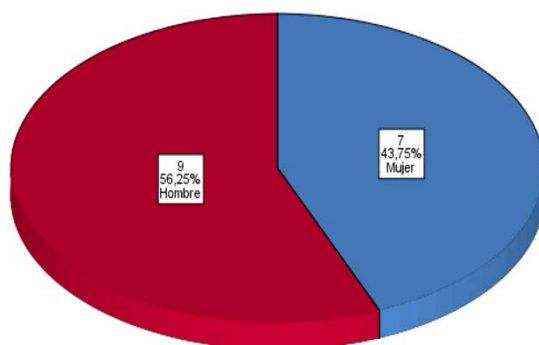


Figura 1. Género de los participantes

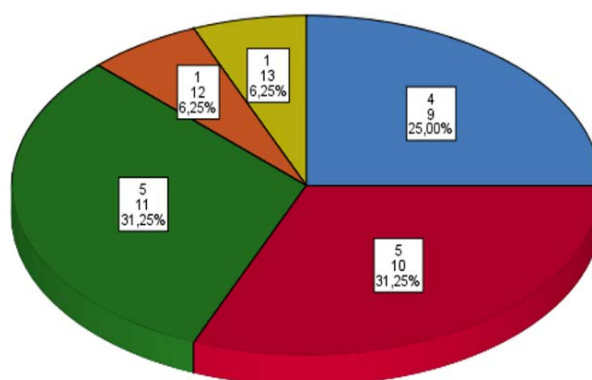


Figura 2. Edades de los participantes

El instrumento es la encuesta [20] consta de 20 ítems dirigidos a la indagación sobre los valores ambientales (responsabilidad, actitud, respeto, tolerancia, liderazgo, capacidad de diálogo y escucha) en los estudiantes, cuyas alternativas de respuesta son Si o No y la justificación de la elección de una de ellas. Este instrumento ha sido validado y aplicado por otros investigadores, por la sencillez de las preguntas se puede utilizar de acuerdo a las capacidades de los estudiantes de grado 4º para responderlas [20]. El procesamiento de la información de los datos cuantitativos se realiza en el SPSS Versión 26.0, que arroja los resultados en términos de frecuencia y porcentaje, para los cualitativos se analizan para encontrar las respuestas que se asemejan y las que son diferentes.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

De acuerdo a la aplicación de la encuesta sobre valores ambientales en estudiantes en educación formal, se presentan los resultados, en primera instancia los datos sociodemográficos y en seguida los resultados de los ítems. Cuando se les pregunta si saben que es un valor ambiental todos dicen que sí y ninguno dice que no (Tabla 1). Los argumentos son conductas de cuidado de la flora, la fauna desde el punto de vista de los recursos naturales, pero también hacen referencias al concepto ecológica humanística, es decir, que incluyen al ser humano como benefactor de ello. Los valores hacen referencia a los comportamientos de los estudiantes que demuestran hacia el entorno escolar, familiar y comunitario donde habitan y la zona de influencia [13]. De acuerdo a estas respuestas de los estudiantes, la mayoría menciona acciones en beneficio del ambiente, pero algunos no diferencian entre el valor ambiental que deben tener con respecto a la naturaleza, y lo confunden con un valor de tipo cuantificable. Por lo que necesitan claridad al respecto.

Tabla 1. ¿Sabes qué es un valor ambiental?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	16	100%
No	0	0
Total	16	100%

Estudiante	Respuestas
E1	Un valor es cuidar los animales y las plantas para que crezcan y produzcan
E2	Un valor es la naturaleza todo lo que vemos
E3	Un valor ambientales que tenemos que cuidar el medio ambiente
E4	El valor de ayudar al medio ambiente
E5	Si no echan basura en la calle, si limpian la naturaleza
E6	El valor ambiental es lo que nos tiene mayor la vida porque sin él no podemos vivir
E7	El valor ambiental es la convivencia con la naturaleza
E8	Un valor ambiental es cuidar la naturaleza y no botar la basura en la calle
E9	El valor ambiental, es lo que nos tiene mejor la vida
E10	El valor ambiental es cuidar el planeta y tenerlo limpio y sano no tirar basura
E11	Porque la naturaleza tiene que tener un valor
E12	No hay que dañar la naturaleza
E13	Un valor ambiental es la naturaleza por ejemplo como los árboles y las plantas
E14	Es una naturaleza donde podemos conocer muchas cosas de la naturaleza
E15	La información es una naturaleza ambiente
E16	Cuidar el medio ambiente

En cuanto a la pregunta si el ser humano tiene dominio sobre la naturaleza 14 (87,5%) dice que si, 2 (12,5%) que no (Tabla 2). Argumentan que el hombre es el que interviene en la naturaleza, que en manos de él está todo lo que acontece en ella, por lo que es necesario que todo lo que sucede en ella depende de las acciones que ellos y las demás personas hagan. Los dos piensan diferente uno dice que la naturaleza avanza y que ella misma se encarga de que sea saludable, otro piensa que se debe pedir permiso para utilizar o intervenir en la naturaleza. Esto requiere de valores ambientales como el amor por el planeta, esto requiere de ser consciente de los comportamientos hacia los recursos que proporciona la naturaleza, el uso responsable de los recursos, es decir, dejar el consumismo en transporte, alimentación, vestido y elementos de esparcimiento [7]. El dominio sobre la naturaleza, debe ser para mejorarla y dejarla mejor de lo que se encuentra cuando se termine la vida de las personas.

**Tabla 2.** ¿El hombre tiene un dominio absoluto sobre la naturaleza?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	14	87,5
No	2	12,5
Total	16	100,0

Estudiante	Respuestas
E1	La naturaleza es cuidar de todos los animales y de todo lo que nos rodea
E2	Todo está en manos de como cuidemos la naturaleza
E3	Porque nosotros los hombres lo controlamos
E4	Porque la usa siempre cuando quiere
E5	Lo controla lo mínimo de la naturaleza
E6	Porque la naturaleza avanza porque la madre tierra es la encargada del ambiente, que sea saludable
E7	Si porque el hombre tiene derecho de mandar a la naturaleza
E8	Porque a la naturaleza le tenemos que pagar no botando la basura en la calle
E9	El hombre tiene permiso para mandar a la naturaleza
E10	Porque el hombre tiene permiso de mandar a la naturaleza
E11	Porque cuidamos la naturaleza
E12	Nosotros le damos buen uso a la naturaleza
E13	Porque la mueve bastante no echa la basura y no daña las plantas
E14	Porque no podemos controlar la naturaleza, solo puede controlar la madre tierra
E15	El hombre tiene una naturaleza ambiente
E16	Porque tenemos que cuidar el medio ambiente

Contestan que la naturaleza es un recurso inagotable para los seres vivos 14 (87,5%) y que no lo es el 2 (12,5%) (Tabla 3). Afirman que hay recursos de planta y animales en abundancia, pero que es necesario cuidar la naturaleza para que no se acabe. En la forma de expresarse se incluyen entre las personas que deben realizar acciones que permitan la continuidad de las especies y las fuentes hídricas. Desde el inicio del ser humano sobre el planeta tierra ha hecho uso de la naturaleza para su beneficio y subsistencia. De ella recurre a variedad de recursos necesarios para permanecer en él, como el aire que respira, el agua para calmar la sed, los animales y las plantas para obtener alimento. También ha encontrado combustibles para

obtener energía y minerales para la construcción de viviendas e industrias [21]. Pero esos recursos considerados inagotables han afectado por la contaminación lo que las reservan se disminuyen por la extracción descontrolada.

**Tabla 3.** ¿La naturaleza es un recurso inagotable para los seres vivos?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	14	87,5
No	2	12,5
Total	16	100,0

Estudiante	Respuestas
E1	Está en abundancia
E2	Si no contaminamos los ríos y las plantas
E3	Porque la naturaleza así se eche más basura nunca se acaba
E4	Si nosotros cuidamos plantas
E5	Nunca se acaba
E6	La naturaleza nunca se acaba si la cuidamos
E7	Porque si la cuidamos tenemos un ambiente sano
E8	La naturaleza es inagotable si cuidamos el ambiente
E9	La naturaleza si la cuidamos si va ser inagotable
E10	La naturaleza es el recurso para los seres vivos
E11	Si la cuidamos la naturaleza nunca se va acabar
E12	Porque hay mucha
E13	Porque es muy buena para nosotros porque no nos deja morir
E14	Sin ella no podemos vivir
E15	La naturaleza tiene un ambiente sano y limpio
E16	Porque matemos a los animales y al medio ambiente

Señalan que la biodiversidad se afecta por el abuso de los recursos naturales 13 (81,3%), 3 dicen que no (18,8%) (Tabla 4). Quienes afirma que sí se afecta la biodiversidad el consumo irresponsable de los recursos naturales, argumenta que por eso es necesario cuidarlos, evitar daños para que no agoten. La sobre explotación de los recursos de la naturaleza ha provocado pérdida de biodiversidad tanto en mares, ríos y suelos por lo que es importante formar a los estudiantes para comprendan la necesidad de utilizar lo que se necesita, pero recuperar lo que más se pueda con siembra de flora y cuidado de las especies animales terrestres (mamíferos, aves) y fluviales y marinos [22]. Toda sobre explotación y contaminación afecta los ciclos de la vida, del agua y del aire que disminuyen las diferentes formas de vida.

**Tabla 4.** ¿La biodiversidad se afecta por el abuso de los recursos naturales?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	13	81,3
No	3	18,8
Total	16	100,0

Estudiante	Respuestas
E1	Por eso es mejor cuidar a los animales sin abusar de la naturaleza
E2	Si por el abuso de los recursos
E3	Porque no se afecta por el abuso
E4	Porque cuando se daña una planta no puede vivir
E5	Porque siempre se cuidan y respetan
E6	Por la diversidad tenemos fauna y flora, por eso tenemos diferentes animales y flora
E7	La biodiversidad es fauna y flores
E8	Si por el abuso de los recursos
E9	Si hay biodiversidad porque toda la naturaleza no es igual
E10	La biodiversidad es el recurso de la naturaleza
E11	Porque los humanos tiramos basura y la contaminamos
E12	Porque no la usamos bien
E13	Los recursos naturales son cuando uno dice algo y uno lo recuerda
E14	La biodiversidad es las especies que son muchas
E15	La biodiversidad es un tipo de ambiente
E16	Porque todos tenemos que cuidar al medio ambiente

Responden 15 que, en el aula de clase, el ruido de la calle perturba su aprendizaje (93,8%) y 1 que no (6,3%) (Tabla 5). Afirman la mayoría que la contaminación sonora de la calle es por los automóviles que pasan, el camión recolector de residuos y de las personas que juegan en ella, estos llegan a sus aulas y esto los desconcentran, les perturban en aprendizaje. El ruido en el ambiente o *contaminación acústica*, está en el entorno externo que rodea al ser humano como el tráfico de autos, aviones, aeropuertos, trenes etc. En los interiores de los establecimientos o viviendas como radio, televisión y electrodomésticos pueden interferir los momentos de aprendizaje [23].

**Tabla 5.** ¿En su aula de clase, el ruido de la calle perturba tú aprendizaje?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	15	93,8
No	1	6,3
Total	16	100,0

Estudiante	Respuestas
E1	No afecta porque estamos aislados
E2	La bulla de la calle, los carros y las fiestas nos estorban
E3	Por el sonido de las motos, motores y helicópteros
E4	Cuando vamos a educación física o en el refrigerio
E5	Porque nos desconcentra
E6	Porque yo me concentro en los estudios y en las clases
E7	Porque te desconcierta y no te deja estudiar bien
E8	Porque es un estorbo para aprender
E9	Me perturba mi aprendizaje
E10	Si voy al aula de clases perturba mi aprendizaje
E11	Porque gritan mucho y nos desconcentramos mucho
E12	Porque pasan muchos carros y motos
E13	Porque cuando van pasando los carros con música y yo me las se me distraigo
E14	Porque me desconcentro por el ruido de los carros que pasan por la calle
E15	Los ruidos de la calle son fuertes para el medio ambiente
E16	El carro de la basura y los carros

Respecto a si el recurso hídrico potable es inagotable 12 (75%) dice que sí y 4 (25%) que no. La mayoría considera que hay mucha agua en el planeta, porque cae mucha lluvia, llega al colegio, además, que sí la cuidan haciendo uso responsable de ella, no se agota. Como la zona que habitan es tropical húmeda, casi todo el año llueve, por lo que no conciben que el agua se termine. Se consideraba que el agua es un recurso renovable, pero limitado porque el uso que se da del ella para las actividades humanas de todo tipo, pero cada vez es más limitado por la contaminación y el agua dulce solo representa el 2,8% el agua de la planta, reservas entonces son limitadas por lo que es necesaria la formación de los estudiantes para disminuir el daño que se le realiza a este preciado líquido fundamental para la supervivencia [24]. El uso excesivo de detergentes, fumigantes, productos químicos producto de la acción agraria e industrial disminuyen la calidad y se convierten en fuentes que afectan la vida de los seres vivos que habitan en los ríos y los mares, de esta forma se pone en riesgo el ciclo del agua y de la vida. Como tampoco arrojar residuos sólidos que conllevan a la destrucción del agua potable. También deben aprender que la contaminación del aire con la producción industrial y quemas afecta el agua lluvia, porque está contaminada por la acción de esos residuos diminutos que caen junto con el agua.

**Tabla 6.** ¿El recurso hídrico potable es inagotable?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	12	75,0
No	4	25,0
Total	16	100,0

Estudiante	Respuesta
E1	Porque está en todas partes
E2	Nosotros nunca nos quedamos sin agua porque la lluvia nos da cuando necesitamos
E3	Porque el agua potable se puede tomar
E4	Por todas las lluvias que caen
E5	Si uno lo cuida

E6	Porque si no la cuidamos nos va ser potable
E7	Porque si se acaba el agua no hay vida
E8	Porque se está acabando y contaminando
E9	Porque yo no boto el agua
E10	Porque yo no boto el agua
E11	Porque fluye a todo el mundo
E12	Porque usamos el agua de los ríos y mares
E13	Como el agua del colegio que llega todos los días
E14	Nunca es inagotable el recurso hídrico
E15	El recurso es un medio ambiente es una naturaleza
E16	Porque está en el medio ambiente

En la pregunta: si el medio ambiente de tú colegio es agradable, 10 dicen que sí (62,5%) y 6 afirman que no (37,5%) (Tabla 7). Quienes afirman que les gusta el ambiente del colegio dicen que siempre está limpio, que hay zonas naturales con plantas entre ellas frutales que pueden comer, sin embargo, otros que dicen que no, es porque arroja papeles y desperdicios al piso.

**Tabla 7.** ¿El medio ambiente de tú colegio es agradable?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	10	62,5
No	6	37,5
Total	16	100,0

Estudiante	Respuesta
E1	Todo está limpio
E2	Hay plantas y frutos
E3	Porque está sucio el colegio pero podemos cuidarlo
E4	Porque puede crecer un alimento para comer
E5	Es limpio nuestro colegio
E6	Porque tiramos basura, papel y botellas
E7	Pero si no cuidamos el medio ambiente no hay ambiente sano
E8	porque los niños de nuestro colegio no cuidan el ambiente
E9	Porque siempre bota la basura en cualquier parte del colegio
E10	Porque siempre botan la basura al piso
E11	Porque comen y la basura la tiran al suelo
E12	Si porque hay mucha naturaleza
E13	Porque hay árboles y plantas
E14	Porque tenemos muchos árboles, plantas y flores
E15	El medio ambiente es una alegría para jugar divertidamente y alegremente
E16	Porque todos tiramos la basura y dañamos el medio ambiente

Cuando se les pregunta si dan un adecuado uso al agua, en el colegio 12 señalan que sí (75%), 4 (25%) que no (Tabla 8). Los que argumentan si es porque son cuidadosos de cerrar la llave cuando la utilizan, lo que dicen que no hacen referencia a los otros incluidos ellos que desperdician. Cuando se utiliza de forma excesiva el agua y hay una distribución irregular en las precipitaciones, esta escasea. Si se sigue realizando extracción de este líquido a gran velocidad y se vierten residuos de todo tipo, disminuye la potabilidad y se convierte en no renovable de difícil obtención e incluso de precio elevado. El agua parte fundamental para exista la vida y por lo que se debe tomar conciencia sobre el uso responsable y la forma como se distribuye [24]. Por lo que es necesaria formación para que aprendan todos a adquirir el valor ambiental de respeto que manifieste en las acciones concretas de ahorrar este preciado líquido, parte fundamental de la vida.

**Tabla 8.** ¿Tú das un adecuado uso al agua en tú colegio?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	12	75,0
No	4	25,0
Total	16	100,0

Estudiante	Respuestas
E1	Yo no dejo que bote el agua, porque nos da vida
E2	La botamos, la desperdiciamos

E3	Porque no la desperdicio
E4	Porque trato de cerrar la llave del colegio y menos agua
E5	Yo no la boto
E6	Porque cuando la uso adecuadamente la estoy cuidando
E7	Porque no hay que gastar el agua
E8	Si yo tomo agua en el colegio y si sudo tomo agua y no la desperdicio
E9	Porque yo la abro, me lavo las manos y ahí la cierro
E10	Porque yo me lavo las manos y ahí la cierro
E11	Porque nosotras la cuidamos mucho
E12	Hay que darle buen uso al agua
E13	Porque no tengo manguera
E14	Porque podemos compartir el agua porque es para todos
E15	Porque no la desperdicio cuando lavo las manos
E16	Porque cerramos la llave cuando la usamos

Dicen que con reciclar se contribuye al mejoramiento del medio ambiente el total de los estudiantes. Por lo que tienen claro que es necesario hacerlo. Lo importante es que realmente lo hagan, porque una cosa es lo que piensan y otra las acciones concretas sobre ese tema (Tabla 9). *Los residuos sólidos orgánicos son biodegradables, los no orgánicos por su composición química se degradan de forma natural lenta. La mayoría de ellos se pueden reciclar de forma compleja, entre ellos están empaques de larga vida como latas, plásticos, vidrios, chatarra, aluminio, hierro y cauchos* [25].

El tema del reciclaje es un aspecto en el que se debe hacer énfasis en la formación de valores ambientales en los estudiantes, toda vez que se encuentra en él una fuente de mejoramiento del entorno y posibles beneficios monetarios de lo que se habla hoy en día de la economía circular [25, 26].

**Tabla 9.** ¿Si tú reciclas contribuyes al mejoramiento del medio ambiente?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	16	100,0
No	0	0
Total	16	100%

Estudiante	Respuesta
E1	No contamino
E2	Porque estamos cuidando el medio ambiente
E3	Porque mi profesora está en el PRAE
E4	Porque estamos recogiendo la basura del colegio
E5	Las latas
E6	Porque si recogemos las botellas, papel, etc. la cuidamos y puede servir
E7	Porque no hay que afectar el medio ambiente
E8	Porque estoy reciclando y cuido el ambiente
E9	Porque todo lo que hay reciclable me puede servir
E10	Reciclo porque es mejor cuidar el medio ambiente
E11	Porque los humanos lo cuidamos mucho
E12	Porque reutiliza las cosas para hacer otras
E13	Porque uso lo que bota la gente
E14	Porque podemos aportar a la naturaleza y cuidarla
E15	Yo reciclo para cuidar el planeta
E16	Para que el agua no llegue sucia y cuidar el medio ambiente

Los estudiantes dicen que si contribuyen a cuidar los jardines que tiene la institución 13 (81,3%) y no lo hacen 3 (18,8%) (Tabla 10). Las adecuadas prácticas de higiene en la I. E. deben iniciarse desde que los estudiantes inician la escolaridad y durante el transcurso de la vida escolar, para ellos se implementan estrategias para la disposición final de aguas residuales, con la reducción los residuos inadecuadamente manejados [27] con lugares de disposición especificados y señalizados. Con acciones pequeñas concretas en el entorno que habitan los estudiantes es donde se puede adquirir valores ambientales, puesto que algo tan sencillo como contribuir con el cuidado de las plantas que se encuentran en la I. E., los hace tomar conciencia de la importancia de conservar los recursos naturales, pero también de vivir en un lugar agradable, que influye en el estado de ánimo.

**Tabla 10.** ¿Contribuyes a cuidar los jardines que tiene la institución?

	Frecuencia	Porcentaje
Sí	13	81,3
No	3	18,8
Total	16	100,0

Estudiante	Respuesta
E1	Riego el agua para que crezcan las plantas
E2	Los niños de mi colegio no cuidan los jardines
E3	Porque la ayudo dejándola crecer
E4	Los niños dañan el palo
E5	Limpio adecuado
E6	Porque no ayudamos la naturaleza de los jardines
E7	Si lo podemos cuidar pero los demás lo maltratan
E8	Los niños de mi colegio no cuidan esos jardines
E9	Porque yo no les tiro basura
E10	Porque yo no les tiro basura porque queremos tener un ambiente sano y limpio
E11	Porque está contaminando el colegio
E12	Porque no boto basura
E13	Porque no tiro la basura de lo que me como
E14	Podemos contribuirles a cuidar el medio ambiente porque podemos cuidar los jardines
E15	Porque no boto la basura
E16	No contesta

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a las respuestas de los estudiantes, tiene conocimientos con respecto lo que significa el valor ambiental, pero sin embargo, algunos de ellos lo confunden con un valor cuantificable, porque lo que es necesario clarificar los términos y propiciar escenarios de diálogo entre los estudiantes y el profesor para que conceptualicen y formen ideas claras sobre lo que significa el término y lo que es realmente, porque de ellos se da inicio al diseño del programa ambiental que pretende motivar a los estudiantes para realizar acciones en el bosque aledaño a la institución educativa para la recuperación del mismo.

Con respecto al dominio del ser humano sobre la naturaleza es algo que se puede observar en todas las acciones de la vida diaria, de la organización social que se encuentra en todo el planeta, porque todo cuanto tiene la naturaleza ha sido utilizado para el beneficio de las personas y organizaciones empezando por la familia, la educación, la industria, el esparcimiento, etc. Cada vez se ha hecho más compleja esta situación que se ha desmedido en la extracción de muchos recursos que se están agotando. El conocimiento de esto por parte de los estudiantes, es una forma de información que debe llevar a pensar y actuar de manera inmediata, con el aporte de cada uno con un grano de arena en la recuperación y uso responsables de las fuentes que proporcionan bienestar.

La creencia de que la naturaleza es fuente inagotable de recursos para el ser humano, es un concepto que se reevaluado desde mediados del siglo XX pero que obtenido mayor significado en la era en que se vive, porque los efectos de la extracción de todo cuanto el hombre ha podido utilizar, se ven el cambio climático, la extinción de especies animales y vegetales por el deshielo de los polos, el aumento del agua del mar y la contaminación de las fuentes hídricas, la capa vegetal y el aire. Por lo que se debe generar en la educación ambiental acciones concretas sencillas y complejas que conlleven a formar valores ambientales encaminados a que se generen hábitos responsables con toda forma de vida y recursos minerales que se requieren para que las diferentes especies continúen el planeta.

Los estudiantes saben que toda forma de contaminación afecta el planeta, pero no se sabe si realmente realizan acciones para evitarla, porque aún se observan algunos de ellos que arrojan residuos en el aula y en patio de recreo. Esto no es consecuente con lo piensan que debe ser la forma de separación de los residuos y el lugar donde se deben acumular y a quiénes se los deben entregar. Como también consideran importante cuidar las zonas comunes, pero no lo hacen. Por lo que en los contenidos de un programa de educación ambiental debe desarrollarse temas concretos de participación en el reciclaje y reutilización de residuos, toda vez que algunos de ellos se pueden utilizar como semilleros para controlar el crecimiento de



plantas nativas que posteriormente pueden repoblar el bosque que necesita ser recuperado como pulmón de la zona que habitan ellos mismos.

El énfasis en la conservación de las fuentes hídricas es un aspecto que debe abordar con especial atención, toda vez que se disminuya la contaminación y se propenda por el uso responsable del preciado líquido se puede recuperar los ciclos de la ella y de la vida, para que los seres vivos que la habitan encuentren donde desarrollarse. Del agua depende la reproducción de las plantas de todo tipo, pero en este caso particular del bosque se vuelve recíproco, porque donde hay árboles también se produce agua. Así que los estudiantes deben comprender que el agua es parte de la vida, por lo que hay que evitar contaminarla y se debe utilizar para las necesidades humanas de manera cuidadosa. Cuando esto se logra es porque se han formado valores ambientales que ayudan a la construcción de hábitos que son transmitidos de generación en generación.

Las directivas académicas, el profesor y los estudiantes deben participar en el embellecimiento de las zonas comunes de la institución educativa, puesto que hace que se tenga aprecio por ellas y se realizan acciones continuas de cuidado de los jardines y plantas para que los estudiantes aprenda a vivir en armonía con la naturaleza y encuentren en ella una fuente de bienestar. Por lo que se deben motivar para mejorar las condiciones escolares y esto contribuya a una mejor convivencia con el entorno.

## REFERENCIAS

- [1] ONU. (2022). Reforestación. No hay una economía saludable sin un planeta sano, necesitamos los bosques para recuperar ambos. Organización de las Naciones Unidas.
- [2] García M. (2016). La deforestación: Una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Revista P+L* 11(2), 161-168.
- [3] Ministerio del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible. (2021). 2021 un gran año para el sector ambiental. Colombia protección de la vida.
- [4] CVC. (2021). Informe de austeridad y eficiencia del gasto público gastos de funcionamiento consolidado trimestre III – 2021. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- [5] CVC. (2016). El Valle del Cauca entre los departamentos con menos índices de deforestación en Colombia. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- [6] Eslava et al. (2018). Estrategias didácticas para la promoción de valores ambientales en la educación primaria. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería* 6(1), 62-69.
- [7] Cusy E. et al. (2020). Conciencia ecológica de los estudiantes de primaria de una institución educativa de Villa María del Triunfo. Tesis de maestría. Escuela de Educación Pedagógica Pública Monterrico. México.
- [8] Núñez A. (2021). Comportamiento ambiental y valores ecológicos en estudiantes de cuarto grado de primaria, Colegio El Carmelo, Valledupar. Tesis de maestría. Universidad Santo Tomás. Colombia.
- [9] Caicedo J. y Fajardo N. (2017). Fortalecimiento de valores ambientales, con actividades lúdicas pedagógicas con el uso de material reciclable, con los estudiantes del corregimiento de Bolívar. Trabajo de grado. Universidad ECCI. Colombia.
- [10] Vanegas E. y Holguín D. (2021). Enseñanza de valores ambientales (EVA): Estrategia didáctica para la vivencia del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) en las instituciones educativas de Antioquia. Trabajo de grado. Universidad de Antioquia. Colombia.
- [11] Álvarez S. (2019). Diseño del proyecto ambiental escolar (PRAE) orientado hacia la apropiación de los valores ambientales en la Institución Educativa Escuela Mercantil en el municipio de Tuluá, Valle del. Trabajo de grado. Universidad Central del Valle. Colombia.
- [12] Rivera E. (2018). Aprendizaje de valores ambientales en los niños de preescolar: La huerta escolar como estrategia para la educación ambiental. Tesis de maestría. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Colombia.
- [13] Ropero S. (2020). Valores ambientales qué son y ejemplos. *Ecología verde*.
- [14] Antúnez A. y Álvarez R. M. (2021). La formación ambiental mediada por el uso de las tecnologías de la informática y las comunicaciones en tiempos de Covid-19. *Revista Científica Monfragüe Resiliente* 14, 110-143.
- [15] Martínez S. (2019). Pensamiento ambiental latinoamericano y protagonismo docente en escuelas públicas. *Revista nuestraAmérica* 7(14), 55–70.
- [16] Núñez G. y Fernández O. (2021). Consideraciones en torno a la formación de valores y actitudes ambientales en los procesos educativos. *Polo del Conocimiento* 5(20), 1073-1083.
- [17] Eslava R. et al. (2018). Estrategias didácticas para la promoción de valores ambientales en la educación primaria. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería* 6(1), 62-69.
- [18] Hernández R. y Mendoza C. (2018). Metodología de la Investigación la ruta cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.
- [19] Arias J. L. y Covinos M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. Biblioteca Nacional del Perú.
- [20] Gómez A. et al. (2012). Fomento de valores ambientales, la responsabilidad, la actitud, el respeto, la tolerancia, el liderazgo, la capacidad de dialogo y escucha a jóvenes entre 12 y 14 años de la institución educativa, Técnica Tomas Cipriano de Mosquera (IETTTCM) de la ciudad de Popayán. Trabajo de grado. Universidad Católica de Manizales. Colombia.
- [21] Larqué A. et al. (2023). La cultura botánica infantil importante para establecer políticas públicas de reforestación. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 19(4), 482–492.
- [22] Garnacho G. et al. (2020). Efectos de la radiación solar y actualización en fotoprotección. *Anales de Pediatría* 92(6), 377.e1-377.e9.
- [23] Balk S. (2023). Cómo afecta el ruido a los niños. [Healthy Children.org](https://www.healthychildren.org).
- [24] García A. (2019). Por qué el agua es un recurso renovable pero limitado. *Ecología y Jardinería*.
- [25] Cuero S. y González S. (2021). Educación en aprovechamiento de residuos, generación de mejoramiento ambiental y excedentes económicos con habitantes de la zona de bajamar buenaventura. *Revista Synergia Latina* 7, 18-26.
- [26] Cárdenas D. (2021). Gestión de residuos para la construcción de huertas urbanas con estudiantes de grado 5°. *Revista Synergia Latina* 7, 47-53.
- [27] Piza J. y Pérez A. (2019). Manejo de excretas y aguas residuales en comunidades rurales. Efectos en la salud pública. Universidad Santiago de Cali. Colombia.

# Determinación de los saberes de los estudiantes sobre el compostaje con residuos orgánicos como abono en huertas escolares

Solaisi Castro Silva<sup>1</sup>

María de Los Ángeles Cosme<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Popular del Cesar*

<sup>2</sup> *Institución Educativa Escipión Jaramillo*  
Colombia

Los problemas ambientales que aquejan a la humanidad son múltiples, lo cual ha despertado un alto grado de preocupación. En este trabajo se establecen los conocimientos previos de 24 estudiantes de grado transición, con edades entre los 4 y los 6 años, en cuanto a compostaje con residuos orgánicos como abono en la huerta escolar de plantas, tanto medicinales como comestibles. Se evidencia que, aunque los estudiantes manifiestan haber escuchado hablar sobre el compostaje, tienen algunos vacíos en cuanto a qué se puede o no compostar; sumado a esto no es costumbre en la comunidad la realización de la respectiva separación de los residuos, por lo cual se observa la necesidad de concientizar primeramente de la importancia de estas acciones para el cuidado del planeta y para beneficio propio. Desde el ámbito educativo es necesario realizar acciones que solucionen las problemáticas detectadas en la comunidad y, en este sentido, en la Institución Educativa donde se realiza la investigación se presenta un problema con los residuos orgánicos generados por el funcionamiento del restaurante escolar. Con base en esto se genera la necesidad de aprovechar esos residuos, para lo cual se plantea la estrategia del compostaje y posteriormente utilizarlo en la implementación de una huerta.

---

<sup>1</sup> Agrónoma y Especialista en Pedagogía ambiental y desarrollo sostenible. Contacto: [sosola7@gmail.com](mailto:sosola7@gmail.com)

<sup>2</sup> Licenciada en Educación Rural y Especialista en Pedagogía ambiental y desarrollo sostenible. Contacto: [mariacosme919@gmail.com](mailto:mariacosme919@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las problemáticas ambientales van en crecimiento en la actualidad, una de las mayores causas de esta situación es el indebido uso de los recursos naturales. Se habla mucho de reciclaje y reutilización, pero en pocos casos son tenidos en cuenta los residuos orgánicos que cada día van en aumento debido crecimiento de la población y el desarrollo de la industrialización. En este sentido, se hace necesario desde la educación despertar la preocupación e interés por aportar a mitigar los diferentes problemas ambientales que aquejan a la humanidad y a su vez aprovechar más y mejor los recursos que provee la naturaleza.

La Organización de las Naciones Unidas habla de que cada año en el mundo se desperdicia una cantidad considerable de alimentos, esto se debe a la falta sensibilización para la promoción de la reducción del desperdicio y el aprovechamiento de los desechos orgánicos mediante el compostaje [1]. Colombia no es ajena a esta tendencia global en cuanto a desechos orgánicos, pues según datos de la contraloría de Cundinamarca para el año 2019 la producción de residuos a diario era de 30.420 toneladas de las cuales un poco más de la mitad corresponden a residuos orgánicos que generalmente son inutilizados y por ende terminan en los rellenos sanitarios [2], lo cual indica que hay que tomar acciones frente a esta situación.

La comunidad debe estar en armonía con la naturaleza, ya que ella proporciona muchos beneficios para tener una calidad de vida. Los niños crecen observando el entorno que los rodean, los padres son eje fundamental en la educación de los hijos para que se forme en ellos sentimiento de armonía con todo aquello que hace parte del entorno natural, ahí parte la educación ambiental y los saberes relacionados con la recuperación con los recursos que se agotan cada vez más por el consumo irresponsable del ser humano, producto de las actividades humanas diarias en los hogares y en la escuela surgen desechos orgánicos que forman parte de la cadena de contaminación de los suelos, las fuentes hídricas y el aire.

El compostaje y las huertas caseras han existido desde años remotos, la historia de estos dos elementos se relaciona porque el primero contribuye con el mejoramiento de la calidad del suelo de manera natural, y a su vez esto repercute en una producción de mayor y mejor calidad en la huerta. En las escuelas, el compostaje se convierte en una estrategia que fortalece la educación ambiental debido a que los estudiantes aprenden mediante la práctica, con el compostaje también se enseña sobre economía circular al convertir los desechos en un producto útil [3].

A nivel internacional entre los antecedentes sobre compostaje en la escuela se encuentra el realizado en España por Muñoz y Yépez donde se aprovechan los residuos orgánicos del comedor con objeto de la elaboración de composta para utilizarlo como abono en el huerto escolar y a su vez en el fomento de buenas conductas respecto al ambiente que lleven al consumo responsable [4]. Chaves et al. [5] mencionan que en Costa Rica se estudiaron alternativas para el compostaje de residuos biodegradables mediante la comparación de varios tratamientos con el fin de seleccionar el más adecuado por su bajo coste, eficiencia y calidad para su entorno en particular.

A nivel de Colombia, el trabajo de grado realizado por Niño en Bogotá busca el avivamiento de las habilidades científicas de los estudiantes de grado 3° para que comprendan algunos sucesos naturales, en este caso en particular mediante la realización de una muestra experimental para encontrar mecanismos eficientes para la descomposición de residuos orgánicos [6]. En el artículo realizado por Jaimes la prioridad es minimizar los efectos desfavorables que producen los agroquímicos y la restauración de los suelos afectados mediante la búsqueda de opciones para la producción de compostaje en pequeña escala para el mejoramiento paulatino de las actividades agrícolas en la región [7]. En la región Pacífica, en un trabajo realizado con estudiantes de 3° y 10° grado [8], en el cual mediante el sistema de compostaje se fortalece la educación ambiental en las instituciones educativas de Buenaventura ya que no la limita a una asignatura, sino que por el contrario permite la transversalización, aporta al cambio de mentalidad y además se rescata la tradición cultural.

Dado lo expuesto, surge la pregunta: ¿cómo contribuir en el mejoramiento de esta situación ambiental? y que a su vez se logre la utilización de esos residuos en la escuela, desde el ejercicio docente se plantea entonces la iniciación de la promoción de esa cultura de aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante la implementación del proceso de compostaje para luego ser utilizado en la huerta con los

estudiantes de grado transición de la escuela Oscar Pino Espinal, de Caloto Cauca, donde también producen este tipo de residuos a causa del funcionamiento del restaurante escolar, que son desaprovechados y constituyen un problema ambiental, pues en ocasiones son dejados en tarros plásticos a las afueras del restaurante para que sean recogidos para alimentar a los cerdos y cuando no los recogen esto contribuye a la proliferación de insectos y malos olores; porque son tirados a la basura común, a la espera de que pase el carro recolector, cuyo recorrido por el sector es una vez a la semana.

Desde la pedagogía ambiental se da el planteamiento de alternativas para que los estudiantes adquieran conocimientos, se concienticen de que hay que cuidar el ambiente y aporten soluciones a diversos conflictos ambientales en su fase de formación [9]. A través de la pedagogía ambiental también se fomenta el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria mediante el uso de los recursos que se encuentran en la misma naturaleza. La seguridad alimentaria es un tema que preocupa mucho en la actualidad, pues en el reporte de la FAO [10] se encuentra la preocupante cifra de que 815 millones de personas en el mundo tienen algún grado de riesgo frente a esta temática y ese mismo informe da cuenta de que no están siendo muy eficientes los esfuerzos para alcanzar el segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible (hambre cero). En este sentido, todas las acciones que se emprendan desde el campo educativo para la obtención de la seguridad alimentaria son significativas y aportan en la consecución de este objetivo que a largo plazo permite la continuidad de la especie humana.

Las huertas escolares y familiares constituyen una buena alternativa como primer paso para la consecución de la seguridad alimentaria para los estudiantes y sus familias; ya que estas proveen alimentos más sanos, nutritivos y frescos. La economía de los hogares también se debilita con el paso del tiempo lo cual hace difícil y en algunos casos imposible brindar una adecuada nutrición a la familia, a pesar de esto la práctica de sembrar y cultivar para el propio consumo se ha disminuido, lo que agudiza aún más la problemática de la seguridad alimentaria y causa desnutrición en los niños e inclusive en adultos de la población nacional [11]. Cultivar para el consumo además de contribuir a la solución de esta problemática, aporta también al cuidado del ambiente, a la adquisición de responsabilidades y trabajo en equipo por parte los estudiantes en el caso de la escuela y de los miembros de la familia en el caso del hogar.

De otro lado, el compostaje es un proceso natural mediante el cual los desperdicios orgánicos se transforman en un abono altamente nutritivo para el suelo [12]. Esta es una práctica sostenible ya que siempre se producen residuos orgánicos a causa de la preparación de los alimentos para el consumo humano y además con la aplicación de este se mejora la estructura del suelo, el agua se absorbe y conserva mejor y el suelo se enriquece con nutrientes naturales lo cual se manifiesta en mejor crecimiento de las plantas en las huertas. Prácticas ecológicas como el compostaje, las huertas, el consumo responsable entre otros poco a poco se revive porque la gente se concientiza de la necesidad del cuidado de los recursos naturales se corre el peligro del colapso del planeta, la salud y la vida misma también y es precisamente esto lo que se quiere evitar [13].

Esto requiere conocer cuáles son los saberes de los estudiantes sobre el compostaje y la utilización de todo tipo de residuos orgánicos provenientes de la preparación de alimentos y los sobrantes de ellos para la proyección de construcción de huertas en la escuela y las casas de los estudiantes en la medida que tengan los espacios para realizarlas. En este capítulo se presenta el resultado parcial de la investigación, concretamente el diagnóstico de los saberes sobre el compostaje con residuos orgánicos como abono en huertas escolares de estudiantes de transición.

## **2. MÉTODO**

Esta investigación se lleva a cabo desde el enfoque cualitativo sin embargo se apoya de datos cuantitativos mediante el método inductivo puesto que se tiene en cuenta datos particulares [14], relacionados con el manejo de los residuos orgánicos en la escuela y en el hogar. El alcance de la investigación es descriptivo porque se indaga sobre qué conocimientos tienen los estudiantes acerca del compostaje y las huertas mediante la encuesta. El diseño metodológico es investigación - acción porque en principio la finalidad es llevar a los estudiantes al entendimiento de lo importante que es el aprovechamiento de los residuos orgánicos a través del proceso de compostaje y la utilización que se le puede dar a este en las huertas para posteriormente poner en práctica el empleo de estas estrategias (compostaje y huerta).

Para la obtención de información se utiliza una encuesta que se redacta de manera que sea accesible en el lenguaje a los estudiantes, que se diseña y valida con 5 especialistas, con el propósito de obtener retroalimentación sobre la formulación de los ítems, lo cual permite el mejoramiento de la misma, para posteriormente aplicarla a los estudiantes, a quienes se les lee cada uno y ellos dan las respuestas las cuales se señalan de manera individual, para ellos se dialoga con ellos. También se revisa literatura relacionada con la temática que trata esta investigación. Esto para determinar los conocimientos y el interés previos de los estudiantes referente al compostaje y las huertas para el planteamiento de actividades prácticas como la iniciación del proceso de compostaje con los residuos del restaurante escolar y los que resultan de los hogares y la construcción de la huerta tanto de plantas medicinales como comestibles en la escuela, que incentivan la planeación a futuro próximo de la construcción de las huertas en la escuela y en las casas como parte de la educación ambiental sustentable. La muestra es no probabilística o dirigida [15] de 24 estudiantes de grado transición matriculados en la escuela Oscar Pino Espinal cuyos criterios de inclusión es que estén matriculados en la I. E. y que sus padres firmen los consentimientos informados para que participen en el estudio.

Para este proceso se cuenta con el apoyo del coordinador, las cocineras del restaurante escolar, los profesores y los padres de familia. En la Tabla 1 se indica minuciosamente la cantidad de estudiantes y padres de familia con el papel que ejercen en la investigación, que se lleva a cabo en Caloto- Cauca Colombia. Para el procesamiento de los datos se utiliza el paquete estadístico SPSS Versión 26.0, que presenta los resultados en tablas, las cuales contiene los ítems, las frecuencias y los porcentajes. Que se presentan a continuación.

**Tabla 1.** Actores participantes en la investigación

Actor	No.	Visión objetiva para la investigación
Estudiantes	24	24 estudiantes del grado transición, que contestan el cuestionario sobre el compostaje y las huertas.
Investigadores	2	Selección de la muestra sujeta a estudio; recolección de datos; generación de ideas que aporten a la investigación; aplican la encuesta, levantan la base de datos, procesan la información, realizan el análisis e interpretación, concluyen y aportan con sugerencias.
Profesor	1	Experiencia profesional; profesión; investigación; actualización de conocimientos; relación teoría-práctica; modelos y didácticas.
Directivos	1	Apoyo; necesidades específicas; seguimiento al proceso; práctica académica; estrategias motivacionales; autoevaluación; relación con los demás profesores.
Cocineras	3	Captación para la recolección y disposición de residuos orgánicos; apoyo.
Padres de familia	24	Apoyo en la recolección de residuos orgánicos; saberes; construcción de la huerta.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para la presentación de los resultados se señalan los datos socio-demográficos del grupo de estudiantes de transición, para proseguir con la categoría, los indicadores y los ítems que se presentan en tablas que contienen las preguntas, la frecuencia y el porcentaje.

#### 3.1 Aspectos socio-demográficos

Los estudiantes que participan en este estudio se encuentran en edades entre los 4 a 6 años, la mayoría de ellos se encuentran en los 5 años (54,17%), dos de 4 años (8,33%) y nueve de 6 años (37,50%) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Edad de los participantes

Edad	Frecuencia	Porcentaje
4	2	8,33%
5	13	54,17%
6	9	37,50%
Total	24	100,0%

En cuanto al género (Tabla 3), 13 pertenecen a masculino (54,16%) y 11 al femenino (45,84%). En cuanto al lugar de residencia (Tabla 4) provienen 11 de la zona rural (45,84%) y de la urbana 13 (54,16%). Como se puede observar en estos datos la mayoría de los estudiantes la edad escolar es acorde con la edad cronológica. El número de género es ligeramente mayor en los del género masculino. Asisten a la escuela más estudiantes de la zona urbana que de la zona rural.

**Tabla 3.** Género de los participantes

Genero	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	13	54,16%
Femenino	11	45,84%
Total	24	100,0%

**Tabla 4.** Lugar de residencia de los participantes

Zona	Frecuencia	Porcentaje
Rural	11	45,84%
Urbano	13	54,16%
Total	24	100,0%

Se presentan los resultados del diagnóstico de los conocimientos que tienen los estudiantes sobre los indicadores de compostaje y sobre beneficios de las plantas medicinales y alimenticias, con el propósito de establecer la línea de base inicial que permite el diseño de una propuesta para la organización de la huerta escolar y para la elaboración de compostaje, por parte de ellos mismos, para utilizarlo en fertilización de la capa vegetal.

### 3.2 Indicador: Compostaje

A continuación, se presentan los resultados del indicador que corresponde a compostaje. Cuando se les pregunta si creen que todo lo que arrojan a la caneca es basura la mayoría de los estudiantes dicen que no que corresponde a 87,5%, dos de ellos dice que si y uno no sabe (Tabla 5). No siempre todo lo que se arroja son desechos, la recolección debe ser controlada y se puede separar los materiales orgánicos, como restos de alimentos, hojas ramas y otros desechos biodegradables los cuales pueden ser utilizados para la realización de abono orgánico. Los residuos inorgánicos se pueden reutilizar o reciclar para que no se conviertan en basuras contaminantes [12]. La mayoría de los estudiantes tienen claro que algunas de las cosas que se arrojan se pueden reutilizar o reciclar, es un aspecto que es la base para que realicen posteriormente acciones de separación de todo tipo de residuos.

**Tabla 5.** ¿Crees que todo lo que arrojamos a la caneca es basura?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Sí	2	8,33%
No	21	87,5%
No sabe	1	2,16%
Total	24	100,0%

A la pregunta que hacen con los residuos el 91,66% responde que todos van a la misma caneca mientras que solo el 8,33% dice que los separan (Tabla 6); esto quiere decir que muy pocos estudiantes los separan en la casa, la mayoría los revuelven. Estos comportamientos contaminan residuos que pueden ser reutilizados o reciclados, por lo que se pierde la oportunidad de darles otro uso. Aunque en la anterior pregunta los estudiantes tienen saberes sobre esta temática, porque saben que no todos los desechos son basuras, sin embargo, en sus casas no hacen el esfuerzo de separarlas. La acumulación de los desechos son producto de las acciones humanas y es indispensable tomar acciones educativas para solucionar esta situación que contamina el ambiente [16].

**Tabla 6.** ¿Qué hacen en casa con los residuos?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Todos van a la misma caneca	22	91,66%
Los separan	2	8,33%
No sabe	0	0%
Total	24	100,0%

La mayoría de los estudiantes (70,83%) ha escuchado hablar acerca del compostaje (Tabla 7), este es un aspecto positivo, porque quiere decir que en sus casas o personas cercanos a ellos lo realizan, o por lo menos saben de esta opción para el aprovechamiento de residuos orgánicos, por lo que los estudiantes

tienen alguna idea en qué consiste. Los que no lo saben requieren de procesos en los que se acercan al conocimiento sobre ello. Este es un punto de partida para las actividades de realización del compostaje para posteriormente realizarlo y utilizarlo en las huertas. Para que los estudiantes conozcan de forma eficaz el compostaje se deben realizar mediante la práctica, para que aprendan a aportar en los problemas ambientales [17]. En algunas de las I. E. educativas se ha logrado incentivar el aprendizaje de prácticas ambientales a temprana edad, lo que significa a estos estudiantes a futuro contribuyan al mejoramiento de los recursos naturales.

**Tabla 7.** ¿Alguna vez has escuchado hablar sobre el compostaje?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Sí	17	70,83%
No	7	29,17%
No me acuerdo	0	0%
Total	24	100,0%

Cuando se les da a elegir cuáles son los residuos que sirven para realizar el compostaje la mayoría de ellos lo saben (66,67%), sin embargo, 8 de ellos se confunden o piensan que se pueden utilizar las botellas plásticas (Tabla 8). El reconocimiento de los estudiantes de que los desechos que se encuentran en casa producto de las actividades domésticas y otros productos de la naturaleza misma como las hojas de los árboles, contribuyen a la elaboración de abono, por lo que tienen conocimientos previos que facilitan posteriormente la elaboración del mismo. Menciona que este proceso se da con restos de alimentos o de las mismas plantas [18], es importante que haya claridad sobre que se puede y que no utilizar para el compostaje pues material como restos de animales no puedan ser utilizados porque atraen animales y generan malos olores [17].

**Tabla 8.** De los siguientes residuos ¿Cuál o cuáles sirven para compostar?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Cascara de banano y hojas de arboles	16	66,67%
vidrios	0	0%
Botellas plásticas	8	33,33%
Total	24	100,0%

En cuanto cuáles residuos no sirven para el compostar (Tabla 9), 7 dan cuenta de que hay una leve confusión en cuanto a que se puede y que no se puede compostar, porque señalan que la lechuga en descomposición no se puede utilizar para este fin (29,17%). Los demás tiene claro que los empaques de productos de larga vida no se utilizan para esto, porque no se descomponen fácilmente.

**Tabla 9.** De los siguientes residuos ¿Cuál NO sirve para compostar?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Un empaque de papas fritas	17	70,83%
Cascara de una papa	0	0%
Lechuga en mal estado	7	29,17%
Total	24	100,0%

Se observa que la mayoría de los estudiantes (79,16%) tiene claro que con el compostaje se obtiene el abono orgánico (Tabla 10), los que no lo saben requieren de orientación, que se puede obtener posteriormente en el proceso de realización del compostaje con los desechos producto del comedor escolar y de las acciones de elaboración de alimentos en sus hogares. La producción de abono orgánico, es rico en nutrientes de producto vegetal y ayuda a la recuperación de la capa vegetal donde se siembran o se conservan todo tipo de plantas [18].

La mayoría de los estudiantes saben que el compostaje contribuye como abono para el suelo (Tabla 11), se observa que 22 de ellos responden de manera acertada (91,67%). Esto es posible porque lo hayan aprendido en casa o en actividades escolares.



**Tabla 10.** Qué se obtiene al compostar

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Basura podrida	4	16,67%
Abono orgánico	19	79,16%
Arena	1	4,17%
Total	24	100,0%

**Tabla 11.** Para qué sirve el compostaje

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Material para construir	0	0%
Abono para el suelo	22	91,67%
Ninguna de las anteriores	2	8,33%
Total	24	100,0%

Dada la edad de los estudiantes entre 4 a 6 años, han percibido del ambiente en que se desenvuelven acciones sobre estas prácticas ambientales que contribuyen a la recuperación de la capa vegetal donde se cultiva o se tienen plantas. El compostaje aporta a la calidad de suelo, mejora la estructura que mejora la retención del agua, disminución de la erosión y aumentan los nutrientes [19]. Para la elaboración del abono orgánico, los estudiantes conocen los beneficios, por lo que será más fácil su participación en las prácticas, cuando se prepare el terreno para la siembra en la huerta escolar.

De acuerdo a lo anterior, es crucial que los estudiantes comprendan la importancia de la separación de los residuos tanto en casa como en la escuela para aprovecharlos más y mejor, además de que esta pequeña acción representa una vital contribución para la salud del planeta; de otra parte, en cuanto a los residuos orgánicos adecuados para el compostaje también resulta apropiado que los estudiantes tengan claridad en esto para que en el momento de la realización del proceso se alcance un buen resultado que posteriormente pueda ser aprovechado como abono para la huerta escolar.

### 3.3 Indicador: Beneficios de las plantas

En los resultados del indicador beneficios de las plantas se evidencian los conocimientos de los estudiantes al respecto, de 24 estudiantes solo uno (4,17%) responde que las plantas sirven solo para medicina, once creen que sirven solo para alimentos (45,83%) mientras que 12 estudiantes que equivalen al 50% creen que sirven tanto para alimentos como para medicina (Tabla 12). Las plantas medicinales y comestibles que se producen en las huertas escolares son una buena alternativa para el logro de seguridad alimentaria, porque además que sirven para la elaboración de alimentos de alto nivel nutricional proveen soluciones a problemas de salud [20]. Por lo que hace necesario que se diseñe la alternativa de llevar a cabo el proyecto de la organización de huerta escolar con la participación de los estudiantes con los saberes de los padres, para que comprendan la importancia de contribuir a obtener productos alimenticios para mejorar la dieta alimenticia.

**Tabla 12.** Según tus conocimientos para qué sirven las plantas

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Medicina	1	4,17%
Alimentos	11	45,83%
Todas las anteriores	12	50,00%
Total	24	100,0%

Al indagar sobre el uso de plantas medicinales en el hogar para curar dolencias y, como se observa en la Tabla 13, 10 estudiantes responden que si 41,67%, 11 responden que no 45,83%, mientras que tres no se acuerdan y cuyo porcentaje corresponde al 12,50%. Las plantas medicinales ayudan a mantener la salud de las familias con el uso del método natural y esto redundará en la economía de los hogares [21]. El aprendizaje del cultivo de las plantas medicinales a temprana edad y la forma de cuidarlas y utilizarlas, es un aprendizaje

ancestral que hay que recuperar de los adultos mayores y padres que los poseen, para que se conserve como patrimonio cultural de la humanidad, porque esos saberes se han construido a lo largo de milenios, que no puede perder y es en edades tempranas que se puede inculcar en los estudiantes el diálogo intergeneracional con los mayores para que compartan sus experiencias y se mantengan los conocimientos que deben ser pasados a las nuevas generaciones.

**Tabla 13.** ¿Alguna vez te han curado de algún dolor o malestar con plantas?

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Sí	10	41,67%
No	11	45,83%
No lo recuerdo	3	12,50%
Total	24	100,0%

Como se puede observar en la Tabla 14, un poco más de la mitad de los estudiantes señalan plantas medicinales (66,67%), mientras que los demás no, esto es un aspecto que requiere ser considerado para la programación educativa ambiental. El uso de las plantas en la medicina viene de tiempo atrás pues los conocimientos ancestrales permiten su identificación en cuanto a las propiedades y a través del tiempo las personas que las han utilizado descubren para que sirven, saberes que han pasado a las nuevas generaciones y que en la actualidad se ha ido perdiendo por las migraciones de las zonas rurales a las urbanas [22], por lo que corresponde a la I. E. propiciar encuentros generacionales entre los adultos mayores de la comunidad para que transmitan a los estudiantes todo aquello que conocen sobre la siembra, cuidado y uso de esas plantas que son parte de la seguridad en salud.

**Tabla 14.** Cuáles son plantas medicinales

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Tomate y zanahoria	5	20,83%
Manzanilla y tomillo	16	66,67%
Ninguna de las anteriores	3	12,50%
Total	24	100,0%

Cuando se les pregunta a los estudiantes cuáles plantas son comestibles, 17 de ellos (70,83%) lo saben, pero curiosamente 7 (29,17%) no lo saben (Tabla 14). El trabajo en equipo se da con el núcleo familiar y la escuela con el fin que la implementación de la huerta de plantas comestibles dé frutos de ayuden en el complemento alimenticio saludable [23]. En la programación del programa ambiental se requiere especificar claramente las plantas medicinales de las comestibles y su utilización, con la implementación de experiencias que contribuyan a la formación de conocimientos útiles para la vida.

**Tabla 14.** Cuáles son plantas comestibles

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Tomate, lechuga y cebolla	17	70,83%
Manzanilla y mejorana	0	0%
Ninguna de las anteriores	7	29,17%
Total	24	100,0%

De 24 estudiantes, veinte (83,33%) están dispuestos a participar en la siembra de plantas medicinales y comestibles, tres (12,50%) no les gustaría participar y uno está indeciso (4,17%) (Tabla 15). Ante este resultado de la encuesta es importante el aprovechamiento de esa actitud positiva de los estudiantes frente a la implementación de la huerta en la que ellos participen, lo cual además de ser un beneficio para su nutrición también le acerca a la naturaleza, les concientiza de lo importante que es el entorno para la supervivencia y por ende pueden despertarse o reforzarse en algunos casos sentimientos de respeto y cuidado hacia su entorno cercano.

La huerta escolar representa un lugar exclusivo para que la comunidad educativa ejecute el proceso de siembra y cultivo de verduras, frutas, hortalizas y plantas medicinales; además es un lugar que aporta

conocimientos y acerca al estudiante al entorno natural facilitando que este vea y entienda que es urgente ser partícipes activos del cuidado del entorno natural [24]. De otro lado, para un adecuado desarrollo infantil es indispensable una correcta alimentación, la cual repercute directamente desarrollo cerebral, en el crecimiento y la salud en general [25].

**Tabla 15.** Te gustaría participar en la siembra de plantas medicinales y comestibles

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	20	83,33%
No	3	12,50%
No se	1	4,17%
Total	24	100,0%

Estos resultados sobre los conocimientos de los estudiantes sobre el compostaje y las plantas tanto medicinales como comestibles, en general demuestran que más de la mitad de los estudiantes han tenido contacto con lo que implica el compostaje la forma de obtenerlo y también tienen conocimientos sobre las plantas medicinales lo que facilita el diseño y elaboración de las huertas escolares en las que es necesarios estos conocimientos previos y los que no los poseen, deben ser motivados a relacionarse con ellos a través de experiencias donde encuentren significados y relaciones donde las interacciones entre ellos les acerquen a lograr comprenderlos y ponerlos en práctica.

#### 4. CONCLUSIONES

En la determinación de los conocimientos previos de los estudiantes en cuanto al compostaje y las huertas se logran datos importantes para ser tenidos en cuenta como punto de partida para abordar estas temáticas de manera lúdica y significativa para el afianzamiento de dichos conocimientos y la total comprensión de los beneficios, tanto del compostaje, como de las huertas para su posterior implementación en la escuela como parte del saber práctico y las lecciones valiosas que deben ser parte de la educación actual para que los estudiantes adquieran verdaderamente conocimientos de que sus acciones por más pequeñas que parezcan, ya que repercuten negativa o positivamente en la comunidad educativa y en el ambiente en general. De allí la importancia de encaminar desde temprana edad a los estudiantes para que practiquen más las acciones positivas en pro del cuidado del ambiente y la vida misma.

Sumado a lo anterior, se concluye que aunque la mayoría de estudiantes manifiesta haber escuchado sobre el compostaje y saber el uso que se le puede dar a este, no se tiene la cultura de separación de residuos y mucho menos de aprovechamiento de los mismos por lo cual se hace indispensable trabajar desde la escuela para la concientización ambiental de los estudiantes para que a su vez esta se refleje en acciones positivas que aporten a la consecución de un entorno mejor mediante el aprovechamiento de los recursos con los que cuenta la comunidad educativa ya que el compostaje es una forma de reintegración a la naturaleza de parte de lo que ella misma aporta para la supervivencia de los humanos [26].

Con respecto a los beneficios de las plantas se evidencia que la mitad de los estudiantes cree que las plantas solo son usadas como comestibles, y que en igual proporción los estudiantes manifiestan que no han sido curados de dolencias con plantas medicinales por lo que hace falta conocimiento y concientización en cuanto a su utilización como medicina tradicional, las cuales poseen un aporte valioso para la salud además la transmisión de los saberes ancestrales que con el estilo de vida acelerado de la actualidad y el paso de los años tiene tendencia al olvido [27]. Desde el campo educativo se puede hacer un planteamiento para el rescate de estos saberes y de la utilización de plantas para tratar problemas de salud y dolencias menores en la familia.

Los saberes sobre el compostaje con residuos orgánicos contribuyen en los estudiantes de transición a fomentar una educación ambiental que les permita visibilizar la importancia que tienen estos, también conocer que se puede cosechar alimentos sanos, además con su aporte en la elaboración del compostaje habrá reducción de residuos y eso aporta de manera positiva al cuidado de la naturaleza. Se espera que a medida que pasen los días de aprendizaje y práctica de la elaboración de compostaje y construcción de las

huertas, los estudiantes adquieren hábitos de separación de los residuos orgánicos que los lleve a conectarse con la naturaleza y su entorno.

Percibir que estudiantes que oscilan entre 4 a 6 años ya puedan identificar con seguridad que es un compostaje, su uso y beneficios no solo para ellos si no en su núcleo familiar y escolar. Además, con el desarrollo de la huerta escolar, se busca que los estudiantes profundicen lo valioso que es el aprovechamiento de los espacios para la productibilidad de plantas medicinales y comestibles, igualmente se direcciona a las familias a mantener una alimentación saludable, el aflojamiento de los gastos en el hogar y el aporte de manera considerable a la seguridad alimentaria. Las huertas urbanas logran ser un instrumento fundamental en las escuelas ya que permiten disminuir el hambre y mejorar la calidad de vida de los estudiantes, además su visión y proyección al futuro.

La buena disposición de los estudiantes frente a su participación en la implementación de la huerta representa una motivación y a su vez una responsabilidad muy grande por lo que es necesario planear muy bien las actividades que prosiguen para que esa disposición se mantenga a lo largo de todo el proceso hasta lograr la satisfacción de observar que en la huerta brotan lo que plantaron, ya sea tomate, pimentón, cebolla entre otros, que a medida que le agregan el compostaje crecen fuertes y saludables.

Se espera que a medida que pasen los días de aprendizaje y práctica de la elaboración de compostaje y construcción de la huerta, los estudiantes adquieren hábitos de separación de los residuos orgánicos ya sea en un balde o en una esquina del patio de la casa, porque comprenden los beneficios que traen a la fertilización del suelo, porque ayuda al crecimiento de frutos sanos y sin ningún tipo de productos químicos contaminantes [2] también se le inculca que el suelo debe presentar aireación y humedad adecuada para que los microorganismos realicen el proceso de descomposición y se convierta en un buen abono que además de su aportación en la huerta representa una contribución al cuidado del medio ambiente.

## REFERENCIAS

- [1] ONU. (2021). Compostar puede ayudarnos a reducir nuestro impacto en el planeta. Organización de las Naciones Unidas.
- [2] Contraloría de Cundinamarca. (2019). Gestión integral de residuos sólidos en el departamento de Cundinamarca.
- [3] Fuentes A. et al. (2018). Composting in Chilean schools: a way, to educate and contribute to environmental Sustainability. *Journal of Cleaner Production* 170, 1629– 1634.
- [4] Muñoz O. y Yepes A. (2020). Elaboración de compostaje con los residuos orgánicos del comedor para el huerto escolar ecológico. *Revista de Educación, Innovación y Formación* 2, 123-136.
- [5] Chaves R. et al. (2019). Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica. *Revista Tecnología en marcha* 32, 39-53.
- [6] Niño M. (2020). Diseño y construcción de un prototipo experimental de compostaje para el desarrollo de habilidades científicas en la educación básica primaria. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeriana.
- [7] Jaimes H. et al. (2021). El compostaje: Una alternativa para la recuperación de suelos contaminados por agroquímicos para el pequeño agricultor. *Revistas Ciencias Agropecuarias* 7(1), 51-67.
- [8] Ruiz D. et al. (2022). Estrategia Pedagógica para la enseñanza de la educación ambiental y de la tradición cultural mediante el sistema de compostaje en la huerta escolar de las instituciones educativas en el Distrito de Buenaventura. *Revista Sextante* 27, 18-25.
- [9] Estrada J. (2018). La pedagogía ambiental desarrolla competencias para la conservación y cuidado del ambiente: experiencia con estudiantes universitarios. *Revista boletín REDIPE* 7(9), 71- 83.
- [10] FAO. (2019). El estado de la seguridad alimentaria y nutrición en el mundo. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma.
- [11] Llanos A. y González E. (2023). La huerta escolar: Estrategia para fortalecer la seguridad alimentaria, municipio de Popayán, Cauca. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 6(6), 13977-13990.
- [12] Johnson D. (2017). El compostaje como herramienta educativa para la jardinería sostenible en las escuelas. *Revista de Educación Ambiental* 45(3), 177-182.
- [13] Muñoz O. y Yepes A. (2020). Elaboración de compostaje con los residuos orgánicos del comedor para el huerto escolar ecológico. *Revista de Educación, Innovación y Formación* 2, 123-136.
- [14] Del Rio O. (2011). El proceso de investigación: etapas y planificación de la Investigación. En Vilches I. (ed.), *La investigación en comunicación. Métodos y técnicas en la era digital* (pp. 67–93). Gedisa.
- [15] Hernández R. et al. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- [16] Banco Mundial. (2018). Los desechos a nivel mundial crecerán un 70% para el 2050 a menos que se adopten medidas urgentes. Recuperado: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- [17] Yanes S. (2020). Diseño de un proyecto sobre compostaje para la educación infantil y su adaptación a la situación de emergencia sanitaria. Trabajo de grado. Universidad de Sevilla.
- [18] Yadav R. et al. (2018). Una revisión sobre el compostaje de residuos sólidos orgánicos: Aspectos fisicoquímicos, microbiológicos y compostaje. *Revista de Gestión Ambiental* 208, 327-346.
- [19] Castañeda L. et al. (2019). Compostaje: Una solución a la gestión de los residuos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(2), 379-394.
- [20] Llanos A. y González E. (2019). La huerta escolar: Estrategia para fortalecer la seguridad alimentaria municipio de Popayán, Cauca. *Revista científica multidisciplinar Ciencia Latina* 6(6), 13977-13990.
- [21] Milesi F. et al. (2017). Teaching composting and vermicomposting in Latin América. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 18(3), 433–443.
- [22] Maldonado C. et al. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID 19). *Ecología en Bolivia* 55(1), 1-5.
- [23] Abdi R. et al. (2021). Circular economy in education: Teaching children about composting. *Sustainability* 13(11), 5945.
- [24] Silva L. (2018). La huerta escolar como estrategia para la enseñanza de las ciencias naturales: Análisis de tesis y trabajos de grado. Tesis de Maestría. Universidad Pedagógica Nacional.
- [25] FAO. (2019). El estado de la seguridad alimentaria y nutrición en el mundo. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma.
- [26] Grupo Lucas. (2021). Minimizar el impacto ambiental a través del compostaje. Grupo Lucas Blog.
- [27] Bermúdez A. et al. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia* 30(8), 453-459.

# Las actitudes latentes hacia el mejoramiento del ambiente del río Mayorquín con estudiantes de la educación básica

Daisy Lorena Mina Congo<sup>1</sup>

Maira Jisela Montenegro Hurtado<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institución Educativa Nuestra Señora del Perpetuo Socorro*

<sup>2</sup> *Institución Educativa San Vicente*

Colombia

El medio ambiente es uno de los retos más grandes que se enfrenta la sociedad hoy en día. El cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la contaminación del aire y del agua son problemas que afectan al mundo entero. En este contexto, la educación juega un papel fundamental en la configuración de actitudes y comportamientos sostenibles desde una edad temprana. Los estudiantes de educación básica, que se encuentran en una etapa crítica de su desarrollo, representan un grupo demográfico importante que necesita abordar este tema. En este capítulo se presentan los avances de una investigación de alcance descriptivo, relacionada con las actitudes latentes de estudiantes de básica hacia el mejoramiento del medio ambiente en el río Mayorquín, Colombia. Se indaga con una muestra poblacional de 14 estudiantes, entre 5-8 años, por medio del instrumento Escala de Likert, donde se detallan las características de los mismo frente al tema. Los resultados demuestran la necesidad de realizar procesos de intervención, donde se brinde la oportunidad de revelar, asimilar y transformar las creencias y valores subyacentes que influyen en las acciones de las nuevas generaciones.

---

<sup>1</sup> Especialista en Pedagogía Ambiental para el desarrollo sostenible. Contacto: [lorenapa1991@gmail.com](mailto:lorenapa1991@gmail.com)

<sup>2</sup> Especialista en Pedagogía Ambiental para el desarrollo sostenible. Contacto: [mairamont@hotmail.com](mailto:mairamont@hotmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental constituye uno de los problemas más relevantes que se tiene a nivel mundial, este tipo de flagelo no solamente genera un impacto negativo sobre los recursos naturales, sino que también deteriora y pone en riesgo la subsistencia y sostenimiento la calidad de vida de las personas. Hablar de la contaminación ambiental, lleva a centrar la mirada en los recursos hídricos, que es uno de los problemas que afecta el cambio climático que tiene en la actualidad la humanidad. La agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas ONU [1] propone la generación de cambios en la sociedad, para tal fin promulga los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, el 13 se refiere a las acciones por el clima, una de sus metas, está dirigida al mejoramiento de la educación para la sensibilización y capacitación de la humanidad e instituciones para lograr disminuir el cambio climático, la adaptación, reducción de los efectos y la prevención. Pretende que la humanidad cambie de actitudes que redunden en la adquisición de conocimientos sobre las condiciones en que se encuentra el planeta y se tomen medidas para preservar las fuentes hídricas.

En las inmediaciones de la Institución Educativa Nuestra Señora del Perpetuo Socorro I.E. se encuentra el río Mayorquín que presenta una problemática porque la comunidad arroja desechos de productos de la acción doméstica y agraria en las laderas y en el cauce. El bosque cercano ha ido desapareciendo por la tala de árboles, el agua del río se ha contaminado por el vertimiento de fertilizantes y pesticidas químicos y la minería ilegal, lo cual afecta el ecosistema y la salud de los habitantes. Tanto los estudiantes como los padres de familia forman parte de esta situación, porque se espera que en los hogares se transmita el ejemplo a los hijos sobre el cuidado del ambiente, pero no lo hacen. Desde la I.E. se requiere la generación de espacios, donde se propongan iniciativas que permitan la educación ambiental, por lo que es necesario en primera instancia conocer las actitudes latentes que puedan tener los estudiantes sobre la fuente hídrica cercana a su hábitat y sus alrededores. Por tal razón el objetivo de esta disertación es presentar el resultado de la aplicación de una escala Likert sobre actitudes latentes de los estudiantes, con respecto al cuidado de las fuentes hídricas y sus alrededores.

Entre los antecedentes a nivel internacional en Chimbote, Perú, se destaca el estudio de Martos y Medina que se relaciona con la reflexión sobre las actitudes de los estudiantes y la visión que tienen de la educación ambiental en la época del Covid-19, consideran que el ser humano es responsable de todo lo que afecta a la naturaleza, es por esta razón, propone la transformación de las actitudes de manera activa para la conservación de los seres vivos y los demás recursos del ambiente [2]. Por otro lado, también en Perú está el trabajo de Pacori, que realiza un estudio sobre la formación y el conocimiento ambiental de los trabajadores de una compañía artesanal, donde se forman a las personas en la relación que tienen estos con su ambiente, encuentran que la formación de los trabajadores determina la manera como ellos realicen acciones positivas o negativamente hacia el entorno donde viven [3]. En México se realiza la investigación de Cantú-Martínez que resalta la relación que se da entre las actitudes pro-ambientales y los comportamientos de los estudiantes de la Universidad Autónoma de Nuevo León, concluye que el género no se corresponde con las actitudes positivas o negativas con respecto al ambiente [4].

Otro estudio en Perú es el de Baltazar que hace referencia a la determinación de la escala de actitud del cuidado del entorno que tienen las madres de familia de los estudiantes del primer nivel de educación formal y el grado primero de la escuela Inicial No. 207 Huancavelica, elige esta muestra, ya que ellas son las motivadoras de los hijos y la formación que reciben abarca las dimensiones cognitivas, afectivas y conductuales, que redundan en la educación de sus hijos [5]. También en Perú se presenta Macera, que hace referencia al estudio de las consecuencias del no cuidado de las fuentes hídricas, donde el trabajo expone las características que presenta este recurso natural. Cabe resaltar que, para mitigar el retroceso en esta fuente hídrica, se hace necesario realizar un seguimiento e intervención constante que contribuyan en la transformación de los comportamientos de los estudiantes de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco [6].

importante destacar tesis a nivel Nacional y regional que sustentan este trabajo investigativo. Por esta razón, Marles y otros crean un juego que se relaciona con los recursos lúdicos pedagógicos articulados con lo concerniente al cuidado y preservación de las fuentes hídricas. Con este estudio, se logra la participación

y el trabajo colaborativo de cada uno de los estudiantes, a través de actividades integrales que partan de las necesidades y gustos de la población muestra, al tener en cuenta lo anterior, desde la escuela se debe forjar en el aprendizaje de los estudiantes para que esto no sea una iniciativa alejada del contexto educativo, sino por el contrario se plantee la adquisición de una conciencia ambiental, enfatizadas en todas las bases pedagógicas desde una mirada Teórico-práctica [7]. En el estudio de Castilla y Miranda [8], se direcciona un trabajo en los estudiantes a través de la articulación de los Proyectos Ambientales Escolares PRAES, con el fin de generar una concienciación ambiental que apunte a la conservación y cuidado del entorno [8].

Por otro lado, a nivel regional se destaca en Santiago de Cali el estudio de Ruano y Tobar que hace referencia al desarrollo de acciones encaminadas a orientar y fortalecer la educación ambiental, desde una mirada más estructurada, que tenga como prioridad la resolución de problemas que afectan a la sociedad.

Es importante enunciar que hoy más que nada la sociedad se encuentra con un sin número de problemas ambientales, que requieren eminentemente de un cambio de actitud de latente a actuante [9], en el mismo lugar se encuentra el estudio de Barrios que hace una comparación de la situación que se presenta en 5 instituciones del sector oficial, donde el escenario más crítico es el problema ambiental, a pesar de lo anterior se plantea el desarrollo de actividades creativas, motivadoras y significativas que se articulen en el proceso de enseñanza y trabajo con los PRAES, brindándoles a los estudiantes y profesores las herramientas necesarias que ellos puedan aplicar en diferentes contextos estrategias que generen una conciencia ambiental que contribuyan al mejoramiento y disminución de los problemas ambientales que afectan la sociedad y de esta manera, se garantice una mejor calidad de vida tanto de las generaciones presentes, como de las futuras [10].

Con respecto a las actitudes que poseen los estudiantes de preescolar y primer grado de la educación básica (5 a 7 años), en la conservación de los recursos hídricos que contribuyan al desarrollo sostenible, es necesario el reconocimiento de que las fuentes hídricas son parte del ecosistema para que los ciclos de la vida del agua y del aire contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida generales de la flora y la fauna que inciden en la población, esto requiere la generación de actitudes encaminadas a la protección y desarrollo del ambiente, la humanidad de esta manera asegura en el tiempo la supervivencia [11].

La cultura influye en el cálculo de actitudes que moldean y justifican el comportamiento objeto del análisis como fruto de la investigación. Necesariamente deben aplicarse estrategias que moldeen de manera positiva costumbres arraigadas en la comunidad resaltando la correlación entre actitudes y su accionar. El medio ambiente produce en las personas comportamientos que favorecen o no el ciclo natural por lo tanto la influencia adecuada se hace necesaria para cambiar líneas de comportamiento desfavorables que afecten el entorno. Todo esto encaminado a la valoración personal que ayude a la mitigación de conflictos ambientales.

Se tiene en cuenta la importancia del uso racional y efectivo en materia de conservación del agua, las actitudes por parte de los estudiantes se deben fortalecerse toda vez que la edad promedio de estos es propicia para iniciar gestiones responsables, duraderas en el tiempo. Reconociendo la raíz del problema del comportamiento inadecuado para la conservación del agua, se tienen los argumentos necesarios para la intervención que arroje efectos contrarios migrando a una conservación aceptable en primera instancia que se fortalezca en el tiempo, elevando el nivel de influencia con el uso de factores como la cultura, la educación y ejemplos palpables dentro y fuera de la comunidad para crear conciencia ambiental.

Para la evaluación de las actitudes latentes se requiere tener claridad sobre lo que significa, toda vez que es una predisposición aprendida del entorno y las experiencias vividas hacia un objeto, concepto o idea, pero que está en la mente y no se cristaliza mediante las acciones [12]. El reconocimiento de las actitudes latentes en los estudiantes con respecto a las fuentes hídricas es una de las principales tareas de esta investigación, que busca la identificación de los patrones de pensamiento de los estudiantes en temas relacionados con el ambiente. La intención de la adquisición de actitudes exige un seguimiento continuo para poder evidenciar su evolución. Por otro lado, se realiza un acercamiento al aporte conceptual que apoya el término actitud.



Al respecto en educación, consiste en reconocer la forma en que se originan las actitudes latentes hacia el mejoramiento del ambiente de las fuentes hídricas, para el diseño de estrategias didácticas que conlleven a que se logre en ello la coherencia entre lo que piensan y lo que hacen. Esta publicación contiene el avance de investigación sobre el cambio de actitudes de latentes a actuantes en estudiantes de edades tempranas entre 5 a 7 años, que inician la escolaridad, pero solo se presenta la parte que corresponde al diagnóstico de las actitudes latentes.

## 2. MÉTODO

Esta parte de la investigación se direcciona a través de las actitudes latentes que tienen estudiantes entre de los grados inicial y primero con respecto a las fuentes hídricas concretamente del río Mayorquín, el alcance es descriptivo porque presenta las características de los estudiantes, para ello se aplica una escala Likert que se construye de acuerdo a los indicadores de mejoramiento del ambiente, recolección de desechos, contaminación de la fuente hídrica, reforestación, recuperación del suelo, ciclo del agua, recuperación de la flora, fauna y compromiso de la comunidad.

Se solicita a la I. E. los respectivos permisos de realización del estudio y la firma de los consentimientos informados por parte de los padres de familia o acudientes para que los estudiantes participen en el estudio [13]. Los resultados permiten diagnosticar esas actitudes. Una vez recolectada la información se analizan los resultados y se redactan las conclusiones.

Los estudiantes que participan en este estudio son 14, de los cuales 3 son de preescolar y 11 del grado primero (Tabla 1), en edades que comprenden entre los 5 y 8 años (Tabla 2), y de ellos 8 mujeres y 6 hombre (Tabla 3).

**Tabla 1.** Grado de estudio de los participantes

	F	%
0	3	21%
1	11	79%
Total	14	100%

**Tabla 2.** Edad de los participantes

	F	%
5	3	21%
6	5	36%
7	2	14%
8	4	29%
Total	14	100%

**Tabla 3.** Género de los participantes

	F	%
M	8	57%
H	6	43%
Total	14	100%

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se presentan los resultados de las actitudes latentes sobre el mejoramiento del ambiente que tiene los estudiantes de los grados transición y primero de 5 a 8 años de una I. E. de la zona rural del distrito de Buenaventura.

### 3.1 Indicador Mejoramiento del ambiente

Con respecto al mejoramiento del ambiente en el reciclaje considera que la disposición de los residuos, ayuda a la limpieza de las zonas contaminadas el 71% dicen que nunca han ayudado en ello y 29% a veces (Tabla 4). Estos resultados demuestran que los estudiantes no tienen claro que la disposición adecuada de

los residuos, disminuye la contaminación, lo que se refleja actitudes latentes negativas. Estos patrones humanos están amparados por la posibilidad de modificar la naturaleza de acuerdo a los intereses propios [14]. El comportamiento humano tiene condiciones especiales territoriales de acuerdo a la influencia del entorno, entiéndase por entorno comunidad y demás, condiciones, físicas, químicas, culturales, ambientales las cuales desembocan en acciones subjetivas que fortalecen la conveniencia comunitaria.

**Tabla 4.** Creo que el reciclaje para la disposición de residuos ayuda a la limpieza de las zonas contaminadas

	F	%
Nunca	10	71%
A veces	4	29%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

En cuanto a la educación comunitaria, los estudiantes señalan que esto no contribuye al mejoramiento del ambiente (57%), mencionan a veces el 36% y solo 1 responde que siempre contribuye en el cuidado del entorno (Tabla 5). Se deduce que los estudiantes no consideran importante la educación de los miembros de una comunidad para el cuidado de la naturaleza, esto es porque, no tienen claro que las acciones educativas puedan desarrollarse con personas que no están escolarizadas. El ambiente es el conjunto de circunstancias e interacciones que sustentan la vida y todas sus formas [15], de acuerdo a las influencias de ciertas circunstancias particulares que necesariamente moldean el concepto sobre ambiente y convivencia, simbiosis o condición relevante para la conservación de la vida humana.

**Tabla 5.** Creo que educar a la comunidad educativa ayuda a que realicen acciones para el mejoramiento del ambiente

	F	%
Nunca	8	57%
A veces	5	36%
Siempre	1	7%
Total	14	100%

### 3.2 Indicador Recolección de desechos

En la afirmación sobre la comprensión que los desechos que se arrojan en las inmediaciones del río desmejoran la calidad del agua, menciona el 57% que esto no lo afecta y 5 de ellos dice que a veces (Tabla 6). Los estudiantes no tienen conocimiento sobre los objetos y desechos que contaminan el agua de las fuentes hídricas. Alrededor del 70 al 75% de la contaminación marina mundial es producto de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie de la Tierra. El 90% de los contaminantes son transportados a través de los ríos hasta el mar [16]. La contaminación ambiental producto del inadecuado manejo de residuos sólidos especialmente en las comunidades que conviven a lo largo y ancho de las fuentes hídricas genera por defecto el mayor porcentaje de daño en las fuentes hídricas, especialmente por productos plásticos de difícil biodegradación.

**Tabla 6.** Comprendo que los desechos que se arrojan a las laderas del río desmejoran la calidad del agua

	F	%
Nunca	8	57%
A veces	5	36%
Siempre	1	7%
Total	14	100%

En cuanto a la importancia de hablar sobre el cuidado del ambiente, el 79% de los estudiantes no muestran interés sobre el tema, solo 3 mencionan un leve interés sobre aprender a ubicar los desechos en el lugar adecuado (Tabla 7). Lo anterior se refiere a que los estudiantes no tienen claro la importancia de la conservación y cuidado del entorno que lo rodea, porque no ubican los desechos en los recipientes adecuados para evitar la contaminación de la fuente hídrica. El medio ambiente se está degradando cada vez más debido a los inadecuados hábitos, la irresponsabilidad, el progreso que no ha sido gestionado adecuadamente y es cada vez más evidente debido al agotamiento de los recursos, los cambios de temperatura y otros fenómenos que aumentan de forma natural [17]. Los recursos naturales presentan

una condición especial, son agotables, la lucha diaria entre naturaleza – industrialización originadas en la industrialización riñen contra el fluir natural afectando las condiciones de vida de acuerdo a los efectos producidos por el cambio climático mundial, siendo necesarias ambas condiciones para la sobrevivencia deben aplicarse correctivos que mitiguen dichos impactos.

**Tabla 7.** Considero que hablar sobre el cuidado del ambiente ayuda a las personas a aprender a colocar los desechos en los recipientes donde corresponden

	F	%
Nunca	11	79%
A veces	3	21%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

Ante la posibilidad de utilizar videos, lecturas o dibujos como una opción de aprendizaje para mantener los espacios naturales limpios, se evidencia una desfavorabilidad del 71% que manifiestan no mostrar interés, solo el 29% opina que a veces lo consideran una opción (Tabla 8). Los estudiantes no tienen una visión clara sobre la importancia de ayudar a mejorar los espacios naturales cercanos a su entorno y las ventajas de tener un espacio libre de las transformaciones ocasionadas por los seres humanos en ocasiones. Uno de los principios básicos de la educación en los primeros años de vida del estudiante en su aprendizaje se da por medio de procesos de apropiación, construcción y comunicación, basado en la experiencia [18]. La importancia del conocimiento adquirido fruto del entorno fortalece los conceptos personales de aprendizaje necesariamente estos forjan la cosmovisión que debe ser moldeada explícitamente por la academia.

**Tabla 8.** Creo que ver videos, leer cuentos o dibujar sobre un entorno limpio ayuda a mejorar los espacios naturales

	F	%
Nunca	10	71%
A veces	4	29%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

### 3.3 Indicador Contaminación de la fuente hídrica

El índice porcentual señala la falta de conocimiento por parte de los estudiantes sobre el impacto negativo en el uso de gasolina o petróleo en las fuentes hídricas del río, ya que el 79% manifiesta no considerar que estos químicos aumentan el nivel de contaminación, y solo 3, asocian estos patrones como un posible contaminante (Tabla 9). Lo anterior refiere, la necesidad de comenzar a sensibilizar a los estudiantes desde los grados inferiores sobre el uso responsable de estas sustancias debido a su efecto negativo. Los errores ambientales se definen como el incumplimiento de procedimientos de rutina, desviaciones significativas de las regulaciones, asociadas con condiciones inseguras. Estos pueden causar daños sociales directos y tangibles, como pérdida de vidas, lesiones, consecuencias psicológicas, daños a la propiedad y abuso por parte de un agente de control social en un momento y lugar determinado [19]. El descontrol de la cantidad o proporción del manejo de sustancias inadecuadas por parte de agentes de control social producen daños colaterales que afectan la totalidad de la cadena o ciclo natural, que impactan desde lo micro hasta lo macro, entiéndase por la contaminación del río, hasta los cambios naturales como el efecto invernadero, entre otros.

**Tabla 9.** Considero que el uso de gasolina o petróleo aumenta el nivel de contaminación del río.

	F	%
Nunca	11	79%
A veces	3	21%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

El interés de mostrar una actitud adecuada en cuanto a la limpieza del río Mayorquín, evidencia una intención de favorabilidad, de acuerdo a lo expresado por 11 estudiantes que a veces presentan un

pensamiento reflexivo sobre su comportamiento, solo un 21% denota no mostrar interés (Tabla 10). De acuerdo a lo anterior, existe una viabilidad de sensibilización con los estudiantes sobre las actitudes que presentan en la actualidad frente al tema medioambiental. La cultura ambiental es el comportamiento adecuado que adquiere una persona al momento de recibir una capacitación sobre el tema [20]. El fortalecimiento del concepto ambiental basado en la educación por medio de capacitaciones, ejemplos, entre otros, construye la cultura necesaria ambiental proyectada al individuo actuante quien paso a paso naturaliza la armonía entre la vida humana, el entorno y la naturaleza.

**Tabla 10.** Comprendo que mi comportamiento ayuda en el mejoramiento de la limpieza del río Mayorquín

	F	%
Nunca	3	21%
A veces	11	79%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

### 3.4 Indicador Reforestación

En líneas generales, la población objeto de estudio de acuerdo al porcentaje en un 71%, manifiesta desconexión con el concepto de organización y limpieza con base en plantas nativas; solo un 28% reconocen, si 14% y no 14% la preponderancia de la adecuación del territorio (Tabla 11). Conforme a ello, se hace necesario reforzar el concepto de reforestación por medio de plantas nativas, sus implicaciones y ventajas en la población objeto de estudio.

Hoy más que nunca, las personas necesitan desarrollar y promover estrategia que intenten mitigar la crisis ecológica que pone en peligro la vida misma y la sociedad dentro de su estabilidad planetaria [21]. Es evidente de acuerdo a los distintos estudios realizados por expertos ambientalistas el deterioro creciente de las condiciones naturales del planeta que se agudiza por la industrialización. Se hace necesario forjar la conciencia ambiental general en la población como método de mitigación en procura de la conservación de condiciones de vida saludable que propendan por la proyección en el tiempo de la raza humana.

**Tabla 11.** Creo que las plantas nativas ayudan a ver el territorio más limpio y sano

	F	%
Nunca	2	14%
A veces	10	71%
Siempre	2	14%
Total	14	100%

Se tiene en cuenta que en el mayor porcentaje de respuesta se ignora la importancia de la siembra para efectos climáticos positivos, enfatizando que el 36% de las respuestas son desfavorables, o ignoran la relación anteriormente expuesta (Tabla 12).

**Tabla 12.** Considero que sembrar (reforestar) es un ejercicio que ayuda a mejorar el clima en el río

	F	%
Nunca	5	36%
A veces	9	64%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

De lo anterior se infiere la necesidad inminente de brindar una formación pedagógica a las nuevas generaciones en procura del mejoramiento medioambiental de la zona. Frente a la deforestación, la tala de árboles y la contaminación ambiental, este planeta necesita desesperadamente árboles que le ayuden a obtener oxígeno y mantener la calidad ambiental para la supervivencia de todas las especies que viven en este mundo. Los árboles son los pulmones del planeta, absorben gases de efecto invernadero y se convierten en ecosistemas beneficiosos [22]. La recuperación del planeta en términos ambientales se hace necesario, y una de tantas condiciones para este objetivo es la siembra de árboles y la conservación de bosques, porque ofician como pulmón natural que genera el oxígeno necesario para la vida del planeta.

### 3.5 Indicador Recuperación del suelo

Toma como muestra el 79% de respuesta que dicen nunca afectar el suelo como consecuencia del derramamiento de combustible y el 21% quienes dicen a veces, denota un desconocimiento sobre la importancia del cuidado del suelo (Tabla 13). Como se ha mencionado anteriormente, una educación ambiental se hace necesaria para fortalecer las competencias de conservación y cuidado del entorno. Los impactos sobre la tierra son diversos, desde la exploración y explotación petrolera hasta accidentes, y pueden ocurrir en cualquier parte del ecosistema, en la tierra o en el agua, provocando daños ecológicos, efectos nocivos sobre la flora y la fauna [23]. La explotación desmesurada de combustibles fósiles trae consigo la dualidad de la conveniencia actual para el desarrollo económico, social del planeta y la muerte o el deterioro de los recursos naturales necesarios para la vida, la sustitución de estos combustibles por otros que produzcan menor afectación en la naturaleza es inmediata toda vez que se está en un punto crítico de no retorno.

**Tabla 13.** Creo que derramar productos nocivos como el petróleo o la gasolina pueden dañar el suelo

	F	%
Nunca	11	79%
A veces	3	21%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

El porcentaje de respuesta positiva, (siempre 21%) evidencia la tendencia creciente que debe fortalecerse respecto al mayor porcentaje el 64%, que manifiestan a veces reconocer la importancia de la fauna y flora en la calidad del suelo (Tabla 14). Por consiguiente, hace falta educar a los estudiantes por medio de actividades que direccionen la sostenibilidad del suelo por medio de prácticas ancestrales del territorio. El suelo está formado por minerales, materia orgánica, pequeños organismos vegetales y animales, aire y agua [24]. La composición del suelo proporciona estabilidad y asegura la producción natural y el fortalecimiento de las distintas condiciones para el sostenimiento animal en el planeta; conocer estos componentes es importante en la mixtura hombre y naturaleza.

**Tabla 14.** Creo que las plantas o animales cuando mueren le hacen bien al suelo

	F	%
Nunca	2	14%
A veces	9	64%
Siempre	3	21%
Total	14	100%

### 3.6 Indicador ciclo del agua

El índice porcentual de favorabilidad con un 79% denota una apropiación de la importancia del recurso hídrico en los procesos de siembra, solo 3 estudiantes que representan el 21% refieren tener una percepción ambigua sobre el tema anteriormente referenciado (Tabla 15). De acuerdo a lo anterior se percibe una línea positiva de conciencia ambiental asociada al cuidado y conservación del recurso hídrico, como elemento principal en los procesos de siembra. La cultura del agua debe promover objetivos de aprendizaje, tanto en términos de conocimientos básicos, habilidades y actitudes como para promover el juicio crítico, desarrollar habilidades y conciencia ambiental en el ahorro y uso efectivo del agua [25]. Capacitar constantes a los actores naturales quienes confluyen en los territorios direccionados a crear una cultura adecuada sobre el manejo adecuado del recurso hídrico pasa por ser una estrategia efectiva contra el desgaste, deterioro y escasez del agua.

**Tabla 15.** Reconozco que el agua es necesario para las actividades de siembra en el territorio

	F	%
Nunca	0	0%
A veces	3	21%
Siempre	11	79%
Total	14	100%

La percepción positiva de los estudiantes se ve reflejada en un alto nivel, ya que el 93%, reconoce la importancia del preciado líquido y solo el 7% muestra un pensamiento inseguro frente al tema (Tabla 16). Lo anterior da una viabilidad en la realización de actividades que procuren fortalecer la conciencia ambiental en la población objeto de estudio y su radio de acción, ya que el tener claro la importancia de las fuentes hídricas en el territorio ayuda a concientizarlos frente a la inminente necesidad de mejorar sus comportamientos. El agua es la fuente principal de la vida. El agua potable y el saneamiento son fundamentales para la vida y la salud, y son principales para la dignidad humana [26]. El concepto del agua como un derecho, debe llevar a la sociedad a forjar la conciencia de actuar en pro de la conservación y el aseguramiento del ciclo natural de las fuentes de agua en el planeta, se fortalece el concepto de agua para la vida.

**Tabla 16.** Creo que el agua es importante para la supervivencia de los habitantes del río

	F	%
Nunca	0	0%
A veces	1	7%
Siempre	13	93%
Total	14	100%

### 3.7 Indicador Recuperación de la flora y fauna

De acuerdo al mayor resultado porcentual, se denota un pensamiento pasivo sobre la protección hacia los animales y plantas, el 93% de los estudiantes manifiestan estar relativamente de acuerdo con este derecho y un 7% presenta una respuesta negativa hacia la necesidad de cuidar y no maltratar las especies del territorio (Tabla 17). De este modo se evidencia, la necesidad de fortalecer en el ámbito escolar los enfoques ambientales para la sustentabilidad de la biodiversidad que poseen como cuenca hídrica. En Colombia, la jurisprudencia ha jugado un papel sumamente importante en la promoción de la protección y el bienestar animal, creando criterios que orientan el desarrollo de políticas e iniciativas. Entre ellos, se mencionan el Consejo de Estado, de sentencia 2015-01496; y de la Corte Constitucional las sentencias: C-041 de 2017, C-283 de 2014, T095 de 2016, etc. [27]. En materia de protección animal en Colombia se avanza desde la jurisprudencia con leyes y normas las cuales promulgan el trato digno, la protección y conservación animal castigando con penas, multas y sanciones a quienes atentan contra la vida animal

**Tabla 17.** Creo que los animales y las plantas tienen derecho a no ser maltratados

	F	%
Nunca	1	7%
A veces	13	93%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

En lo que hace referencia a la apropiación de la fauna y flora nativa del río Mayorquín, el 79% dice presentarla a veces, y el 21% manifiesta que siempre (Tabla 18). Estos resultados demuestran que los estudiantes tienen una idea sobre la integración de estos factores en la comunidad, su importancia y participación en las actividades del entorno, sin embargo, falta fortalecer los conceptos para tener una viabilidad hacia un desarrollo sostenible en las nuevas generaciones. La desaparición de especies supondrá que la cadena alimentaria se desestabilice y las poblaciones directamente relacionadas con organismos extintos se desequilibren [28]. La cadena alimenticia se ve amenazada por los cambios en la composición natural del planeta, la extinción de especies y el alejamiento de especies de sus zonas de convivencia natural ha obligado al ser humano a recurrir a insumos artificiales para asegurar su alimentación progresivamente estos cambios afectan la salud, trayendo nuevas enfermedades.

**Tabla 18.** Considero que las plantas y animales del territorio son parte de la comunidad y se deben cuidar

	F	%
Nunca	0	0%
A veces	11	79%
Siempre	3	21%
Total	14	100%

### 3.8 Indicador Compromiso de la comunidad

Según el porcentaje de las respuestas la comunidad manifiesta con el 71% desinterés en el cuidado y conservación del medio, además una proporción del 29% dice no realizar ninguna acción que favorezca este factor (Tabla 19). Lo anterior refiere la necesidad de fortalecer un programa educativo con participación de los padres de familia como núcleo central de formación para la sensibilización en temas relacionados con el entorno natural. Es muy importante para los niños que desde pequeños los padres les enseñen a amar, respetar y apreciar la naturaleza y el medio ambiente, así como actuar de acuerdo con estos sentimientos, contribuyendo a mantenerlos y preservarlos [29]. La cultura basada no solo en los conocimientos sino en acciones positivas debe iniciar desde el hogar, de ahí la importancia de capacitar a padres y mayores quienes directa o indirectamente tiene influencia en la educación infantil.

**Tabla 19.** Considero que mis padres deben apoyar en las actividades de cuidado y conservación del medio

	F	%
Nunca	4	29%
A veces	10	71%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

En líneas generales, la percepción del trabajo realizado por los adultos de la comunidad debe mejorar frente a los estudiantes, toda vez que la proporción mayor 71% justifica lo anteriormente mencionado y un 29% ratifica la visión negativa de los estudiantes en relación a las acciones realizadas en comunidad (Tabla 20). Esto infiere la necesidad de realizar un trabajo en conjunto entre comunidad y escuela para que los estudiantes en los diferentes niveles sean partícipes de las actividades realizadas por los líderes en pro de fortalecer los procesos de conservación y protección del río Mayorquín. El cuidado del medio ambiente involucra tanto a adultos como a niños, ningún grupo de edad les impide contribuir al cuidado de la naturaleza. El cuidado del medio ambiente involucra tanto a adultos como a niños, ningún grupo de edad les impide contribuir al cuidado de la naturaleza [30]. La conservación y el cuidado de los recursos naturales implica la concientización de la totalidad de los seres latentes, esto quiere decir que desde la primera infancia hasta los adultos mayores se debe aportar a la preservación y sustentabilidad de la naturaleza.

**Tabla 20.** Pienso que las personas de la comunidad trabajan en pro de mejorar el ambiente del río

	F	%
Nunca	4	29%
A veces	10	71%
Siempre	0	0%
Total	14	100%

## 4. CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de cada uno de los indicadores, con respecto a la aplicación de la escala de Likert a los estudiantes de educación básica del río Mayorquín, al hablar del tema central del mejoramiento de las fuentes hídricas, se realiza la comparación con los datos, las síntesis del análisis, los hallazgos y la interpretación de los resultados, donde se determina:

Con respecto al Indicador mejoramiento del ambiente, que los estudiantes al iniciar este proceso investigativo conceptualizan en que no les parece relevante las capacitaciones a personas no escolarizadas, como sus padres u otros miembros de la comunidad, ya que; afirman que eso no contribuye al mejoramiento del ambiente. De la misma manera, se destaca la importancia que ahora tienen sobre el cuidado y la conservación de su entorno, porque así contribuyen a mejoramiento de la calidad de vida, no solamente de ellos, sino también la de toda su familia.

Se encuentran hallazgos relacionados con el indicador recolección de desechos, donde se concluye que es el hombre es el principal responsable de la contaminación de las laderas de los ríos y de todas las fuentes hídricas, por la práctica de actividades, especialmente las industriales y comerciales, es por esta razón, que se deterioran los ecosistemas, principalmente el acuático, ya que se arrojan diferentes objetos y materiales

que son difícil de su biodegradación y de esta manera se demoran para su descomposición y en algunos casos llegan al punto de perdurar para siempre.

También se centra la atención en el análisis del indicador contaminación de la fuente hídrica, donde los estudiantes manifiestan de forma consecutiva, el desconocimiento de las consecuencias que trae la contaminación de las fuentes hídricas, por diferentes líquidos contaminantes como la gasolina, el petróleo, el ACPM, etc., es por esta razón que se requiere que desde casa se comience a dar ejemplo para que con los más pequeños se inicie el proceso de concienciación sobre el cuidado de este recurso natural y así se contribuya en la transformación de sus actitudes.

Por otra parte, la evidencia arrojada por el instrumento de investigación referente a la reforestación indica que el nivel cultural ambiental de la población objeto de estudio es bajo, es inminente enseñar a los estudiantes, las características, ventajas e importancia de estos procesos, adaptándolos de acuerdo a los métodos de enseñanza y práctica, ensayo y error, entre otros, para incentivar el conocimiento aplicado directamente con un enfoque de salvación medio ambiental, impactando positivamente cada vez más la recuperación efectiva del terreno perdido en materia ambiental. Además, crea agentes activos conocedores del entorno quienes operaran como protectores de su comunidad.

De igual forma, la recuperación del suelo presenta de manera global debilidades manifiestas en los estudiantes a causa de naturalizar en su mayoría el manejo inadecuado de los combustibles luego de su vida útil, se evidencia la no separación de estos al momento de tener la posibilidad de contactar o derramarse en la superficie, llámese tierra o agua. Aunado esto, al tratamiento de desechos orgánicos producto de la muerte de animales, algunas plantas y árboles lo cual agrava la proyección del deterioro o pérdida del suelo, esta particularidad desemboca sin excepción en catástrofe ambiental, limita el uso del suelo, produce además la contaminación de las aguas subterráneas que al emerger a la superficie cortan la cadena alimenticia y el ciclo vital de algunas especies.

Las respuestas al indicador ciclo del agua, en su mayoría, denotan tener claro conocimientos básicos sobre la importancia, cuidado y conservación del agua, toda vez que este es un componente vital necesario, transversal a la mayoría de las actividades realizadas, tales como la pesca, siembra, rocería, preparación de alimentos, transporte; la relación directa con el agua por parte de los estudiantes objeto de estudio, se da a partir de los primeros años de vida, esta mixtura se entrelaza culturalmente y naturaliza la convivencia. El nivel de respuestas abre el abanico de posibilidades de trabajo científico en la aplicación de metodologías para fortalecer conceptos, teniendo en cuenta información básica, como punto de partida para el indicador.

Así las cosas, si se toman las líneas de respuestas, puede concluirse que parte de la comunidad representa lo que la ley protegen en cuanto a la fauna y la flora, un dato no menor es la cosmovisión de estos conceptos, de acuerdo a las características propias de la zona la vida misma, su cuidado, protección, ancestralidad avanza siempre por el mismo cauce natural, fauna, flora y vida humana se entrelazan fortaleciendo la relación especial, que se genera en estos territorios, la flora en su concepto amplio provee a los individuos componentes vitales en cuanto a medicina, alimentación, resguardo, entre otros; la fauna, en igual proporción a porta trabajo de campo y alimentos, de esta manera puede entenderse el nivel de conocimiento de los estudiantes.

En cuanto al indicador compromiso de la comunidad se percibe con base en la estadística, de la respuesta se deduce la falta de apoyo de los adultos, condición esta que paso a paso ha tomado fuerza en relación de la visibilización del trabajo comunitario en equipo. Los estudiantes emiten la alerta que pone en entre dicho la oportuna información que debe trasladarse de padre a hijo. Esa tan importante transferencia de conocimiento colaborativo, no obstante, algunas respuestas se enfocan en el reconocimiento de la participación de los adultos en los procesos de comprometer a los líderes reconocidos de la zona. Esta condición manifiesta que no son todos los ausentes en el momento de acompañamiento y representación ciudadana en el territorio.

Finalmente, las actitudes latentes hacia el ambiente son un componente crucial de cómo se enfrenta los desafíos ecológicos de la actualidad. La muestra poblacional indica tener un rasgo evidente de actitudes



latentes, algunos desfavorables hacia el mejoramiento del ambiente en la cuenca del río Mayorquín, esto se debe a distintas causas como, falta de información, participación o adaptación en su cotidianidad. Se debe entender que estas actitudes pueden ser tanto positivas como negativas, se hace necesario realizar procesos de intervención donde se brinde la oportunidad de revelar, asimilar y transformar las creencias y valores subyacentes que influyen en las acciones de esta nueva generación.

En términos generales, impulsar la formación de una sociedad que avance hacia un futuro más sostenible, es notable la necesidad de descubrir y fortalecer actitudes latentes positivas para lograr un cambio real y duradero en la relación entre la humanidad y el ambiente.

## REFERENCIAS

- [1] ONU. (2018). Objetivos del Desarrollo Sostenible, Objetivo: 3. Salud y bienestar. Organización de las Naciones Unidas.
- [2] Martos L. y Medina G. (2022). Actitudes y educación ambientales en tiempos de pandemia en estudiantes de contabilidad de una universidad privada, Chimbote 2021. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 6(1), 3975-4001.
- [3] Pacori A. (2022). Educación ambiental y el comportamiento ambiental de los colaboradores de la Empresa Artesanal Jomatex S.R.L – Puno, 2022. Trabajo de grado. Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- [4] Cantú P. (2020). Actitudes proambientales en jóvenes universitarios. *Ciencia y Educación* 4(2), 67-74.
- [5] Baltazar C. (2022). Nivel de actitud ambiental de las madres de familia de niños y niñas de la Institución Educativa Inicial No. 207- Huancavelic. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
- [6] Macera P. (2022). Evaluación del retroceso glaciar y sus implicancias en el recurso hídrico en la cuenca glaciar Alayripampa en los años 2013 – 2019. Tesis de maestría. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- [7] Marlés C. et al. (2021). Fomento de la conciencia hídrica en estudiantes universitarios mediante un juego como estrategia didáctica. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación* 11(2), 361–372.
- [8] Castilla E. y Miranda R. (2019). Proyecto escolar PRAE, estrategia pedagógica de sensibilización y cuidado del Medio Ambiente en la Universidad de la Costa CUC, Barranquilla. Trabajo de grado. Universidad de la Costa, Colombia.
- [9] Ruano D. y Tobar L. (2017). Diseño de una propuesta de Educación Ambiental desde el modelo sistémico en la Institución Educativa Antonio José de Sucre del municipio de Vijes. Trabajo de maestría. Universidad del Valle, Colombia.
- [10] Rützmann T. y Vanaveski J. (2009). Effective strategies and models for teaching thinking skills and capitalizing deep understanding in engineering education. *Problems of education in the 21st century* 17, 176-187.
- [11] Lynn L. y Salzman H. (2007). The real global technology challenge. *Change* 39(4), 8-13.
- [12] Chalco R. (2012). Actitudes hacia la conservación del ambiente en alumnos de secundaria de una institución educativa de Ventanilla. Tesis de maestría. Universidad San Ignacio de Loyola, Perú.
- [13] Hernández R. y Mendoza C. (2018). Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.
- [14] Rodríguez G. y Vargas I. (2015). Perspectivas de responsabilidad por daños ambientales en Colombia. Editorial Universidad del Rosario.
- [15] Aguilar G. et al. (2018). Responsabilidad ambiental en las empresas que afectan a la Atmósfera. *Vis Luris* 4(7), 50-71.
- [16] Cavazos J. et al. (2014). Afectaciones y consecuencias de los derrames de hidrocarburos en suelos agrícolas de Acatzingo, Puebla, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 11(4), 539-550.
- [17] Tobar G. y Velásquez Á. (2021). Prácticas y saberes de intervención del Trabajo Social en el escenario ambiental desde la experiencia de los departamentos Antioquia y Caldas. *Luna Azul* 52, 22–40.
- [18] Medina V. (2016). Cómo enseñar a los niños a cuidar de nuestro planeta. [Guiainfantil.com](http://Guiainfantil.com).
- [19] Jiménez D. (2006). Estudio de impacto ambiental generado por un derrame de hidrocarburos sobre una zona estuarina, aledaña al terminal de Ecopetrol en Tumaco. Trabajo de grado. Universidad de la Salle, Colombia.
- [20] CEPAL. (2019). Planificación para el desarrollo territorial sostenible en América Latina y el Caribe (LC/CRP.17/3). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- [21] Agoglia O. (2010). La crisis ambiental como proceso. Un análisis reflexivo sobre su emergencia, desarrollo y profundización desde la perspectiva de la teoría crítica. Disertación Doctoral. Universidad de Girona, España.
- [22] Segura J. (2020). Sembrando árbol, sembrando ambiente puro y sano voy disfrutando en la institución educativo La Inmaculada del municipio de Olaya Herrera-Nariño. Trabajo de grado. Universidad ECCI, Colombia
- [23] Abbas N. (2018). Cuál es la importancia de la conservación de la flora y la fauna. [Ecologiaverde.com](http://Ecologiaverde.com)
- [24] FAO. (2023). Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. [Fao.org](http://Fao.org)
- [25] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Educación Ambiental para la cultura del Agua. Colombia
- [26] Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. (2011). El derecho al agua. Folleto informativo No 35. Ginebra, Suiza.
- [27] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Política Nacional de Protección y Bienestar Animal. Ladera Sur. Colombia.
- [28] Droppelmann V. (2018). ¿Cómo afecta la desaparición de grandes depredadores al ecosistema? Omega.
- [29] Aponte L. y Martínez S. (2015). La articulación: Una propuesta para el reconocimiento de las prácticas y saberes tradicionales y su coexistencia con los saberes escolares en la institución educativa departamental rural integrada la calera sede el volcán. Trabajo de Grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia
- [30] Gonzáles B. (2019). Acciones para cuidar el medio ambiente en el colegio. *Ecología Verde*.

# Las azoteas desde los saberes ancestrales para la construcción de la seguridad alimentaria sostenible

Betsy Viviana Jaramillo Rosero<sup>1</sup>

Exbling Magaly Saa Estacio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institución Educativa José Joaquín Caicedo y Cuero*

<sup>2</sup> *Institución Educativa José Acevedo y Gómez Colombia*

La seguridad alimentaria es un tema importante en la sociedad actual, y a medida que la población mundial continúa en aumento y los sistemas alimentarios se vuelven cada vez más difíciles y globalizados, garantizar que las personas de las diferentes comunidades rurales y urbanas, y que los alimentos que consumen sean seguros, se convierte en una tarea fundamental. La seguridad alimentaria es una problemática a nivel mundial, no solo afecta la salud y el bienestar, sino que también tiene impacto en la economía, el medio ambiente y la firmeza social. Con el fin de minimizar esta problemática los entes gubernamentales han propuesto diversas estrategias, pero no abarcan toda la población. La agricultura familiar es conveniente para favorecer la seguridad alimentaria, la calidad de vida de las personas en salud, la economía, la conservación y protección del ambiente y el uso adecuado de los recursos naturales. Los adultos mayores son conocedores de prácticas ancestrales sobre cultivo, un saber que han aprendido de sus familias y que luego pasan a hijos y nietos. En este capítulo se presentan los resultados acerca de lo que saben los profesores de la institución educativa José Acevedo y Gómez, Colombia, sobre las azoteas y los saberes ancestrales de los mayores y la comunidad que inciden en la seguridad alimentaria. El estudio es de enfoque cualitativo, de alcance descriptivo y de diseño etnográfico, lo que posibilita presentar los resultados sobre de la información precisa y detallada, tal como lo manifiestan los participantes. Se utiliza la entrevista semiestructurada a seis profesores de la I.E., y se encontró que tienen conocimientos sobre saberes ancestrales acerca de las plantas medicinales y comestibles, un elemento importante para la continuación de la siguiente etapa del estudio para la elaboración de las azoteas con los estudiantes de la educación básica.

---

<sup>1</sup> Especialista en Pedagogía Ambiental. Contacto: [bellezaalos30gmail.com](mailto:bellezaalos30gmail.com)

<sup>2</sup> Especialista en Pedagogía Ambiental. Contacto: [exblingsaa@gmail.com](mailto:exblingsaa@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

La alimentación nutritiva es fundamental para el bienestar social y económico de las poblaciones tanto en las zonas rurales como urbanas. La alimentación nutritiva es fundamental para el bienestar social y económico de las poblaciones tanto en las zonas rurales como urbanas. En Colombia, debido a su geografía y diversidad regional, el Estado debe garantizar la producción de alimentos de manera autónoma para proteger el derecho a la alimentación y asegurar que las normativas se cumplan. La desnutrición afecta la salud y la educación de la población, lo que a su vez tiene un impacto negativo en el desarrollo a largo plazo de las personas, las familias, las regiones y el país en general [1].

El buen estado nutricional de las personas de una colectividad se basa en diferentes factores, entre ellos la alimentación y la utilización biológica de los nutrientes que ofrecen los productos que se obtienen de la naturaleza. Es importante reconocer que el acceso a ellos a nivel nacional y local es esencial en la seguridad alimentaria [1]. El buen estado nutricional de las personas de una colectividad se basa en diferentes factores, entre ellos la alimentación y la utilización biológica de los nutrientes que ofrecen los productos que se obtienen de la naturaleza. Es importante reconocer que el acceso a ellos a nivel nacional y local es esencial en la seguridad alimentaria.

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas ONU [2], cada año aumenta a 10 millones más de personas que carecen de seguridad alimentaria por lo que consideran no se podrá lograr el objetivo que habla de hambre cero, por lo tanto, erradicar la pobreza ha sido, imposible esto debido a factores como: el hambre a causa del conflicto armado, las recepciones económicas y los cambios del clima, la pandemia Covid-19. Esta inseguridad se presenta especialmente países subdesarrollados [1].

Según los objetivos del milenio, los gobiernos de los países se comprometen a certificar el acceso en cantidad y calidad de los alimentos indispensables para tener una vida sana y productiva de sus habitantes, de ahí la importancia de la seguridad alimentaria y nutricional que es abordada por organismos internacionales y nacionales. A nivel mundial se ve muy lejano alcanzar el objetivo 2 del Desarrollo sostenible, poner fin al hambre para 2030.

Cabe destacar que, aunque este tema ha tenido avances continúa afectado por diferentes situaciones, una de estas ha sido la pandemia que ha afectado a la seguridad alimentaria y al estado nutricional de la población, que ha ocasionado precarias condiciones especialmente en las comunidades de población más vulnerables, esto debido al desequilibrio social, económico y sanitario que ha provocado. Principalmente se creó un estrés alimentario [3]. En Latinoamérica es deficiente el índice a nivel de la salud de la población por las diferentes enfermedades que se presentan a causa de la inseguridad alimentaria.

La Organización Mundial de la salud, define la obesidad como una epidemia que afecta a las presentes y futuras generaciones. La gran mayoría de los hogares en Colombia pasan dificultades para lograr una dieta sana y balanceada debido al trabajo informal y el desempleo que se vive lo que hace que se vea violentado el derecho a la alimentación [4]. A nivel regional, nacional e internacional lograr una alimentación adecuada en cantidad y calidad para los más vulnerables es complejo por los altos costos de los productos alimenticios de la canasta familiar, los fenómenos ambientales que afectan los suelos y los conflictos de orden público.

En 2022 el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas desarrolla una evaluación sobre seguridad alimentaria, la cual tuvo como resultado que en Colombia la inseguridad alimentaria tiene un porcentaje de 30%, esto quiere decir que, 15,5 millones de personas sufren de inseguridad alimentaria. Regionalmente el Pacífico presenta el 40% de esta problemática [5].

Con el propósito de mitigar el impacto de la situación el Ministerio de Salud y Protección Social, ha puesto en marcha estrategias como la promoción de la agricultura sostenible, el apoyo a micro agricultores, ayudas económicas para la consecución de alimentos, con el fin de aplicar programas y políticas para dar mejoras a la seguridad alimentaria. Sin embargo, no es suficiente el esfuerzo ya que no abarca a toda la población del Pacífico y deja de lado lugares vulnerables como las zonas rurales. La violación del derecho a la alimentación trae consigo el incumplimiento de derechos como a la vida digna y al buen nivel físico [6].

En las poblaciones rurales del Pacífico los saberes ancestrales y la creación de azoteas interactúan con las tradiciones culturales y la arquitectura en los hogares de diversas comunidades afrodescendientes que han desarrollado conocimientos y técnicas a lo largo de generaciones para adaptarse a su entorno natural y climático. Estos conocimientos también incluyen un profundo respeto por la naturaleza y la sostenibilidad. Las comunidades locales han aprendido a vivir en armonía con su entorno, con el uso de prácticas de agricultura tradicional y pesca sostenible. En 2021 la Red de Desarrollo Tecnológico y Fortalecimiento Institucional para El Desarrollo Rural del Pacífico Colombiano ha dado una mirada al Distrito de Buenaventura. Propone tareas para desarrollar acciones de Seguridad alimentaria con la misma población.

Se busca escoger procesos de seguridad alimentaria funcional en el Pacífico especialmente en la zona rural para desarrollar estrategias con expertos. Sin embargo, es complejo llevar a feliz término estas estrategias, pues se dan en la zona urbana, pero a nivel rural son muchos los lugares que se quedan sin el bienestar debido a la ubicación geográfica, las distancias para llegar a estos territorios, la presencia de grupos al margen de la ley y los conflictos de orden público que se presentan en todo en el territorio especialmente en estas zonas [7].

Los estudiantes para tener un adecuado desarrollo biológico requieren de una ingesta favorable de nutrientes que se encuentran en las verduras, frutas y cereales integrales [8]. En la institución educativa José Acevedo y Gómez I.E., de la cuenca del río Cajambre, ubicado en la zona rural el distrito de Buenaventura, algunos de ellos carecen de la disposición de variedad de productos que les ofrezcan los nutrientes necesarios para su alimentación, además, a nivel distrital hay un déficit del programa de alimentación escolar PAE que se brinda. Muchos estudiantes no tienen la posibilidad de tener una ingesta variada y balanceada, la falta de hábitos de alimentación saludables, el consumo de productos empacados de larga vida que obtienen con los pocos recursos económicos que llevan durante la jornada escolar (que la I. E. permite la venta de estos productos), poco ayudan a una nutrición sana para ellos. Esto es preocupante ya que la calidad de los alimentos que consumen tiene un impacto significativo en el bienestar general.

La inseguridad alimentaria consiste en la insuficiencia de alimento ya sea moderada, leve o severa, dicha problemática está presente a nivel mundial a causa de variedad de factores. La falta de consumo de alimentos saludables, variados y en justa cantidad genera afectaciones a las personas en su estado físico, mental, social y emocional provocando enfermedades como la obesidad, anemia, desnutrición, entre otras que pueden llegar a la muerte de las personas. La falta de seguridad alimentaria se relaciona con la mala nutrición, esto se debe porque no se cuenta con una dieta balanceada porque no se accede a los productos asociados con una buena nutrición como las frutas, verduras frescas y cereales, a falta de estos todos los aspectos de la vida se ven afectados [9].

Todo niño con baja ingesta de alimentos nutritivos no va a tener un adecuado desarrollo cognitivo y físico. Esta publicación tiene como objetivo presentar los resultados del diagnóstico sobre los conocimientos que tienen los profesores con respecto a la construcción de azoteas con plantas comestibles y la implementación en la I. E. con los estudiantes y padres de familia de los grados 1° y 3.

Las comunidades afrocolombianas no le han dado la importancia a una gran riqueza tradicional que es el cultivo ancestral sobre las azoteas. Esta pérdida se ha presentado en muchas partes del mundo. La población afrocolombiana busca entrelazar la agricultura y la gastronomía con la finalidad de proporcionar seguridad alimentaria a su núcleo familiar; por lo que es necesario la planificación, coordinación y gestión de actividades agrícolas, pesqueras y ganaderas encaminadas al logro de este fin.

Por lo tanto, Para lograr una mejor seguridad alimentaria en casa, es esencial fomentar diversas estrategias para aumentar la producción agrícola de manera sostenible. También, debemos asegurar una cosecha eficiente y el almacenamiento adecuado de los alimentos para minimizar las pérdidas, además de establecer un sistema eficaz para procesar y preparar los alimentos [10].

Son los abuelos y abuelas quienes practicaban y conservaba la agricultura familiar en azoteas muy cerca de sus casas, esta práctica consiste en el cultivo de plantas que son usadas para el sustento alimenticio, en la

medicina y en el intercambio con otras familias de la comunidad. Con el fin de rescatar y retomar esta práctica de agricultura ancestral desde hace 23 años en la costa Pacífica caucana la Fundación Chiyangua lidera estas prácticas de cultivo y preparación de alimentos [11], que redundan en la nutrición saludable de la población.

Las comunidades de los grupos étnicos buscan que el conocimiento ancestral tenga continuidad en la cultura que los identifica, esto lleva a que la población sepa aprovechar la naturaleza como recurso de subsistencia, pero a la vez debe comprometerse con el cuidado y conservación de la misma ya que es una forma de brindar al medio sostenibilidad y de aportar al resto de la comunidad subsistencia [12].

Dicho conocimiento es intergeneracional porque pasa de una generación a otra y a partir de la experiencia es que se construye, incluye una gama amplia de prácticas, saberes, información, costumbres y vivencias que identifica a una comunidad. Se puede decir, que los afrodescendientes tienen por naturaleza un saber ancestral que se adapta al contexto donde se pone en práctica. El tema de conocimiento ancestral se puede relacionar con la seguridad alimentaria especialmente para las comunidades vulnerables de las zonas rurales, ya que puede aportarle a la población la garantía de contar con productos alimenticios cultivados por ellos mismos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, en 1996 en la Cumbre Mundial de la Alimentación de Roma define que la seguridad alimentaria se da cuando todas las personas tienen la disponibilidad de alimentos seguros, nutritivos y en la cantidad justa para satisfacer los requerimientos nutricionales para llevar una vida saludable y activa, esta disponibilidad de alimentos abarca el acceso físico, social y económico que garantice el servicio y derecho a la alimentación nutritiva para todos [5]. De esta manera se puede decir que puede existir una seguridad alimentaria sostenible.

La problemática de seguridad alimentaria tiene como consecuencias afectaciones sanitarias, económicas, sociales y nutricionales para la sociedad, la agricultura puede llegar a ser una forma de minimizar los estragos que deja la misma, mediante la implementación de construcción de huertas o azoteas escolares y caseras con plantas comestibles para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria.

## 2. MÉTODO

El método empleado en esta investigación es el dialéctico porque conlleva a la obtención de información de manera inductiva, porque va de lo particular a lo general y de manera deductiva porque la generalización de los datos es un claro ejemplo de lo que acontece en la población. La información que aquí se recopila trata sobre un tema real acerca de la construcción de las azoteas por parte de los profesores para que las implementen y de esta forma eduquen a los estudiantes y a los padres de familia, para que adquieran conocimientos y prácticas que las apliquen con el propósito de que ellos mismo velen por su seguridad alimentaria sostenible, con el aporte de los saberes ancestrales que han sido transmitidos de una generación a otra en los distintos grupos sociales y que se han constituido como parte fundamental en el conocimiento y pensamiento propio de una población [13], que identifica la cultura.

En esta parte diagnóstica del estudio, se emplea un enfoque cualitativo, porque posibilita la obtención de información precisa y detallada tal como lo manifiestan los profesores [13]. El alcance de esta investigación se enfoca en analizar los conocimientos que tienen los profesores con respecto a las azoteas y saberes ancestrales. El diseño en esta parte de la investigación es de tipo etnográfico donde se recolecta información a través de una entrevista semiestructurada a seis profesores de esta I. E. Para el desarrollo del estudio se obtienen los permisos de la I. E. y los consentimientos informados de los profesores.

Se diseña la entrevista y se somete a validación con expertos, la cual se reestructura de acuerdo a los comentarios. En una conversación informal se realizan las preguntas de manera abierta y se registra las respuestas. Estas se organizan en tablas numerando a los profesores como p1, p2... p6 para seguir el orden. Posteriormente se analizan y se discuten los resultados para la presentación de las conclusiones y recomendaciones. El instrumento para la recolección de datos es la entrevista.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este apartado se presentan los datos sociodemográficos de los profesores y las respuestas de la entrevista de acuerdo a los indicadores. El género de los profesores que participan en este estudio dos son hombre y cuatro son mujeres (Tabla1); con edades comprendidas entre los 35 y 50 años, de los cuales tres están entre los 35 y 40 años y los otros entre 41 y 50 años (Tabla 2).

**Tabla1.** Género de los participantes

Género	Número
Masculino	2
Femenino	4
Total	6

**Tabla 2.** Edades de los participantes

Rango de edad	Número
Entre 35 y 40 años	3
Entre 41 y 50 años	3
Total	6

Los profesores son profesionales licenciados en educación de los cuales dos tiene títulos de magíster en educación y uno de especialista en pedagogía ambiental para el desarrollo sostenible (Tabla 3).

**Tabla 3.** Formación profesional de los participantes

Profesor	Formación profesional
p 1	Magister en educación
p 2	Magister en educación
p 3	Licenciada en básica primaria
p 4	Especialista en pedagogía ambiental
p 5	Especialista en informática y multimedia educativa
p 6	Licenciada en pedagogía infantil

Todos los participantes tienen amplia experiencia laboral en la educación, quien menos tiene corresponde a diez años y la mayor experiencia es de 32 años (Tabla 4).

**Tabla 4.** Experiencia docente de los participantes

Profesor	Experiencia docente
p 1	10 años
p 2	15 años
p 3	32 años
p 4	21 años
p 5	21 años
p 6	19 años

#### 3.1 Categoría o constructo A: Seguridad alimentaria sostenible de los estudiantes de grados 1° y 3° de la institución educativa José Acevedo y Gómez y los padres de familia

##### 3.1.1 Indicador: Productos de consumo para la sana nutrición

Los profesores coinciden en que tienen conocimientos sobre saberes ancestrales, algunos dan a conocer un breve concepto manifestando que tienen relación con prácticas que se transmiten de una generación a otra, que por lo general los abuelos son poseedores de esos conocimientos que han recibido de sus antepasados y que algunos los han transmitido a sus hijos y nietos (Tabla 5), pero que se han perdido en la migración de las nuevas generaciones a las ciudades. Las prácticas de agricultura ancestral con el paso de los años han perdido su importancia y relevancia porque se han dejado y los habitantes de las comunidades no cultivan porque para ellos no es una prioridad, sin embargo, el tema de huertas escolares puede ser de interés para los estudiantes lo que hace que se dé la revalorización de los saberes ancestrales y la ampliación de conocimientos desde estrategias fuera del aula de clases [14].

**Tabla 5.** ¿Conoce usted sobre saberes ancestrales?

Profesor	Respuestas
P1	Sí. En referencia a las tradiciones orales, artesanías, medicina, cultivos entre otros
P2	Sí
P3	Sí
P4	Sí. Son todas las costumbres, conocimientos saberes premios que tiene una comunidad y estos permiten diferenciarla de otra.
P5	Sí. Los saberes ancestrales son los conocimientos que transmiten los abuelos y los padres a sus hijos a través de los días sobre las plantas medicinales, oralidad como cuentos, versos, coplas entre otra para que trascienda de generación en generación.
P6	Sí. Son saberes y tradiciones de las culturas afrodescendientes

Los profesores están de acuerdo en que los saberes ancestrales contribuyen para que las personas tengan sana nutrición y cuatro de ellos amplían su respuesta, consideran que los conocimientos sobre la nutrición de los pobladores las han recibido a través de los saberes de sus abuelos, que, aunque algunas veces no tienen los recursos necesarios para adquirir los alimentos saludables tienen claro cuáles son. Reconocen la importancia de los cultivos orgánicos para obtener productos saludables ya que estos contribuyen a una alimentación adecuada además hacen referencia a la preparación con plantas para sazonar (Tabla 6).

**Tabla 6.** ¿Cree usted que los saberes ancestrales ayudan a que las personas tengan una sana nutrición?

Profesor	Respuestas
P1	Sí. Ya que los conocimientos de nutrición local han sido transmitidos de una generación a otra a través de esos saberes.
P2	Sí
P3	Sí
P4	Sí. Porque estos brindan conocimientos y estrategias que permiten una alimentación más sana.
P5	Sí aportan, ya que los cultivos que realizan son de forma orgánica y la forma de realizar los alimentos. Con todo cultivado y sin tanto condimento.
P6	Sí. Porque la comida es natural y saludable

Los cultivos de plantas medicinales que a su vez se utilizan en la preparación de alimentos son una alternativa adecuada para dar buen sabor a las comidas y a su vez contribuyen a la salud. La implementación de azoteas o huertas escolares se relaciona con la seguridad alimentaria porque permiten la alimentación de los estudiantes de la I. E. además favorece para tener buen estado de salud porque conlleva a que los estudiantes gocen de buen desarrollo físico, intelectual y emocional [15].

### 3.1.2 Indicador: Plantas comestibles

Se observa que los profesores manifiestan el significado sobre plantas comestibles; todos ellos con la coincidencia de que son todas aquellas que sirven para el consumo de los seres vivos y las cuales contribuyen a la nutrición y crecimiento, pero además que se usan en la preparación de platos alimenticios (Tabla 7).

**Tabla 7.** ¿Cuál es el concepto que tiene usted de plantas comestibles?

Profesor	Respuestas
P1	Son todas aquellas plantas que sirven para la preparación culinaria de los alimentos, o que puedan ser consumidas directamente por el ser humano o animal.
P2	Las que podemos utilizar en la preparación de nuestros alimentos
P3	Que son plantas que ayudan a la nutrición, alimentación y crecimiento.
P4	Son hojas de plantas que se pueden comer.
P5	Las plantas comestibles son plantas actas para cualquier ser vivo y no afecta su integridad física.
P6	Son aquellas que nos sirven para preparar los alimentos

Las plantas comestibles son benéficas para el organismo porque contienen baja grasa, son altas en proteínas, fibras, hierro y calcio, además son muy buena fuente de fotoquímicos y antioxidantes [16]; estos vegetales pueden ingerirse crudos o cocidos, con adaptables a diversidad de climas. Es importante comprender que las frutas y verduras al ser cocidas por mucho tiempo o ser almacenada por largos días pierden sus propiedades lo que hace que ya no sirvan de beneficio para el organismo, lo anterior no quiere



decir que perjudiquen al organismo, pero por la pérdida de sus propiedades ya no aportan ningún nutriente al ser consumidas.

### 3.2 Categoría o constructo B: Construcción de azoteas con plantas comestibles desde los saberes ancestrales

Algunos profesores consideran que se pueden crear la cultura de siembra de plantas comestibles a través de capacitaciones, charlas y sensibilización de la comunidad, otros consideran importante además las prácticas de realizar los cultivos en los hogares y la forma de cuidarlos para obtener cosechas de productos de consumo para todo el núcleo familiar (Tabla 8).

**Tabla 8.** ¿Cómo harían ustedes para crear cultura de siembra en los hogares de la comunidad?

Profesor	Respuestas
P1	A través del compartir comunitario y técnico-pedagógico en la Institución
P2	Por medio de charlas donde se destaque la importancia y los beneficios
P3	Dar charlas y realizar prácticas sobre esto para que la comunidad entienda y conozca los beneficios y como ellos mismos lo pueden hacer
P4	Desde el contexto educativo, con los mismos estudiantes crear estas azoteas en cada casa y proponiéndole a estos el cuidado de las mismas y la enseñanza en casa.
P5	A través de la sensibilización y charlas explicando la importancia de cultivar nuestras frutas y vegetales.
P6	Dando charla sobre los beneficios e importancia de tenerlas en el hogar.

Las huertas pueden llegar a ser una estrategia para generar una cultura de siembra desde el ámbito educativo con la interacción de los abuelos sabedores ya que estimula y hace renacer en los estudiantes las tradiciones, pues el encuentro en estos espacios les permite contribuir el rescate y reconocimiento de su identidad cultural [18]. Esta práctica lleva a las familias a tener una nutrición más saludable. En ese compartir los saberes ancestrales entre los diferentes integrantes de la comunidad es que se logra crear una cultura de siembra, por lo que es importante aprovechar estos conocimientos que poseen los profesores para motivarlos a que se sumen al proyecto de construcción de azoteas con plantas comestibles que se propone a la I. E para desarrollar con estudiantes y padres de familias para la seguridad alimentaria, invitando a los abuelos a que participen con sus saberes para lograr integrarlos a través de los diálogos y prácticas intergeneracionales, así se fortalece la cultura de producción agrícola familiar para el sustento de la comunidad con plantas que se utilizan en la alimentación balanceada.

#### 3.2.1 Indicador: Alimentación balanceada

Los profesores expresan que la alimentación balanceada está relacionada con nutrientes como proteínas, verduras, legumbres y frutas, también hacen referencia a un menú balanceado en el que se evite el consumo de fritos y azúcares. Uno solo de ellos incluye los cereales (Tabla 9).

**Tabla 9.** ¿Cómo considera usted que debe ser la alimentación balanceada en este contexto?

Profesor	Respuestas
P1	Comer proteínas, hidratos de carbono, cereales, verduras y legumbres
P2	Teniendo en cuenta que debemos incluir proteínas, verduras y grasas de buena calidad
P3	Con los alimentos energéticos protectores, las frutas para complementar las vitaminas y la papachina, plátano y banano para complementar las harinas, también consumir mariscos ellos poseen muchas vitaminas.
P4	Evitando comer mucho frito y azúcares en la preparación de los alimentos
P5	La alimentación balanceada en este contexto se da a través de organizar un menú con los productos que permitan que nutra a la familia.
P6	Que sea proporcionada de acuerdo a la edad de cada persona.

La agricultura practicada por las familias en las zonas rurales es una gran oportunidad para asegurar que haya suficiente comida, mejorar la calidad de vida, promover un desarrollo sostenible. Además, estas familias, con su conocimiento de la tierra, contribuyen a una alimentación equilibrada que proporcione los nutrientes esenciales que el cuerpo necesita para funcionar correctamente. Esto ayuda a prevenir enfermedades y a mantener un buen estado de salud y bienestar que es esencial para el crecimiento y desarrollo físico y mental de los niños [19].

### 3.2.2 Indicador: Terreno para la siembra

Algunos profesores expresan que el terreno para la siembra de plantas comestibles puede ser directamente en el suelo luego de realizar el proceso de rosar y limpiar el terreno, se hacen hoyos para poner las semillas y esperar el crecimiento de la planta; también se pueden hacer sobre azoteas elaboradas en madera, que son estructuras altas sobre las cuales se colocan las plantas que están sembradas en recipientes reciclables y se seleccionan por clase (Tabla 10).

**Tabla 10.** Describa el proceso sobre cómo se cultivan las plantas en estos terrenos

Profesor	Respuestas
P1	Puede ser directamente en el suelo o en las azoteas, se siembran y se abonan con los desechos de cocina.
P2	Se prepara las azoteas y tierra con sus materas y se procede a sembrar
P3	Se rosa y se limpia sacándole la maleza, se realizan hoyos de dos metros separados por cada planta, se procede a poner la semilla y esperar el proceso de crecimiento como es un espacio abierto el agua y el son naturales.
P4	Se selecciona el espacio, se encierra con palitos de madera se siembran las semillas o raíces poniendo juntas las de la misma clase.
P5	Para cultivar se debe escoger las semillas adecuar el terreno y sembrar la planta.
P6	No lo sé.

En ocasiones en las comunidades aprovechan el desuso de los potrillos elemento para convertirlo en terreno para cultivar plantas comestibles. También es recomendable que el huerto escolar tenga las siguientes condiciones para que la producción sea exitosa: usar la adecuada y suficiente tierra abonada con materia orgánica que tenga la humedad justa para que las plantas se desarrollen sin secarse o inundarse; el riego se puede hacer cada dos días o cada día en horas de la mañana. Limpiar la maleza semanalmente, aplicar insecticidas de origen natural para evitar parásitos e insectos que perjudiquen el producto y que sea un lugar con ventilación e iluminación justa [19].

### 3.2.3 Indicador: Construcción de azotea escolar

Todos los profesores poseen un poco de conocimiento de lo necesario para construir una azotea, manifiestan que para hacerlo son necesarios elementos como madera, clavos, martillo, machete, serrucho, buena tierra, envases reciclables, las tulas y las semillas o plántulas. Por otro lado, uno de los participantes dice que directamente en un potrillo viejo se puede hacer una azotea (Tabla 11).

**Tabla 11.** ¿Sabe cómo construir unas azoteas? Mencione lo que se necesita

Profesor	Respuestas
P1	Sí. Es necesario madera, clavos, martillo machete y serrucho, o directamente un potrillo para sembrar.
P2	Sí. Se necesita madera, puntillas, martillo y un serrucho
P3	Los palos para hacer el espacio donde van a estar las plantas, buscar la tierra que sea buena para la siembra, hacer el cercado alto, echar la tierra y proceder con el sembrado
P4	Sí. Un espacio cerca de la casa o en el patio de esta, envases reciclables, tierra y semillas.
P5	Para construir un azote necesita un terreno donde vaya hacer la construcción que no le lleguen directo los rayos del sol, los tulas, las madres, las tablas para realizar el tendido, la tierra abonada y las plantas que desea sembrar.
P6	Sí. Tarros, tierra, plantas.

Para la construcción de una huerta escolar se necesitan herramientas: guantes malla, regaderas, picas, palas mangueras para el riego, abonos para el crecimiento y bienestar de las plantas. Es preferible que el abono sea de tipo natural como estiércol de ganados o el compost que tiene como componentes los residuos vegetales de los hogares [19]. Las azoteas o huerto en las zonas rurales se ubican en espacios cerca de las casas o patios donde la luz del sol no les llegue tan directa para no quemar las semillas, son elaboradas en estructuras altas con el fin de que no se malogre la cosecha a causa de inundaciones y para que los animales que en el lugar se desarrollan no ataquen la producción.

Los beneficios que aporta tener una azotea cerca según los profesores son la obtención de productos frescos, sanos y al alcance de todo el núcleo familiar, sin químicos dañinos para la salud de las personas. Tener una azotea en casa es como tener una farmacia porque allí se pueden encontrar plantas medicinales

para la preparación de remedios caseros en caso de que se enferme algún integrante de la familia (Tabla 12). Además, las azoteas contribuyen a la alimentación ya que se cuenta con productos alimenticios durante todo el año para el sustento diario, el intercambio con los vecinos y para la comercialización de los mismos. Una huerta o azotea escolar permite ampliar el conocimiento a través de la interacción con los abuelos que tiene el saber ancestral, concientiza a las presentes y nuevas generaciones a ser respetuosos y responsable con el cuidado del medio ambiente en general y lleva a los estudiantes a conocer la diversidad de seres vivos que interactúan en la huerta de forma indirecta; aspectos que corresponden a los contenidos académicos de ciencias naturales y ambiental y ética y valores [20].

**Tabla 12.** ¿Conoce usted los beneficios de la creación de la azotea? Diga algunos

Profesor	Respuestas
P1	Producto fresco, sano y cercano al hogar
P2	Tener una azotea es como tener una farmacia en casa
P3	Alimentación sana, evitamos consumir químicos y elementos procesados.
P4	Alimentos al alcance de la mano y libres de químicos dañinos
P5	Tener alimentos frescos en casa.
P6	Sí. Plantas naturales.

### 3.2.4 Indicador: Contenedores y semillas para la siembra

Los profesores expresan que se pueden sembrar una gran variedad de semillas pertenecientes al grupo de las verduras y hortalizas como espinaca, cebolla, tomates, pepino, pimentón, cebolla larga, ajo, también se puede sembrar hierbas como el cilantro, orégano, albahaca, cimarrón, hierba buena, poleo estas son las que se consideran más adaptarse al medio (Tabla13).

**Tabla 13.** ¿Qué semillas se pueden cultivar en estos terrenos?

Profesor	Respuestas
P1	Semilla local, son las de mejor adaptación
P2	Cebolla, tomate pepino, romero, espinaca, albahaca, orégano, etc.
P3	Pepino, perejil, pimentón, cilantro, cimarrón, albaca, hierva buena etc.
P4	Tomate, cebolla larga, cimarrón, espinaca, cilantro, etc.
P5	Hierbabuena, albaca, cimarrón, cilantro. Tomate, ajo, cebolla entre otros.
P6	Orégano, cimarrón, poleo, albahaca, entre otros.

Las semillas para la siembra son fáciles de conseguir en el mismo contexto mediante el intercambio de semillas o plántulas con otras personas de la comunidad. La implementación de la construcción de las azoteas o huertas con plantas comestibles parece un tema de fácil desarrollo ya que se pueden realizar usando materiales del mismo territorio de manera que se minimicen el incremento de costos de la producción para el cultivo de hortalizas como rábano, cilantro, pepino, acelga, zanahorias, entre otros [21], todo esto con el fin de que toda la comunidad se beneficie y cuente con alimentos nutritivos.

Los recipientes para la siembra son de reutilización como ollas viejas, tarros, canecas, canastos, materas, canoeras del medio, pedazos de latas o envases plásticos de gaseosas, límpido, o aceites, materas, entre otros (Tabla 14).

**Tabla 14.** ¿Qué recipientes se pueden usar para sembrar las semillas y hacer una azotea?

Profesor	Respuestas
P1	Cualquier clase de recipiente de reutilización como ollas viejas, tarros, canecas u otros
P2	Recipientes de materiales reciclables
P3	Los canastos, ollas viejas, materas, canoeras del medio pedazos de latas o embaces.
P4	Envases reciclables, ollas viejas, canoas o potrillos que no se usan.
P5	Se pueden usar recipientes plásticos como: botellas de gaseosa, de aceite, de límpido entre otras o las ollas viejas que no usas en casa.
P6	Tarros plásticos y materas.

Como no son aptos para la siembra en ellos, a estos recipientes se les debe hacer adecuación son cortados, se les realizan agujeritos en la parte inferior con el fin de que permitir el drenar el agua para evitar que se

encharquen y se pudra la semilla. Uno de los recipientes más sencillos de adquirir y a la muy prácticos, son las hueveras. Este espacio reducido que imposibilita su movilidad y evita que la semilla se dañe, por su ligereza y facilidad resulta ser una buena opción. Los vasos de yogur también tienen el tamaño ideal para sembrar de forma individual, por lo que podemos controlar así cada semilla por separado. Además, hacerles los agujeros también es fácil. Las botellas de plástico, son también elecciones muy válidas. En el caso de las botellas lo ideal es cortar sus bases, o bien abrirlas por la mitad longitudinalmente. También suelen ser muy útiles las cascaras de huevos pues, permiten plantar directamente en la tierra y así obtener un abono natural. se debe abrir por la parte de arriba, limpiar bien y dejar secar. Con una aguja gruesa, realizar los agujeros de drenaje, este es un paso muy delicado [22].

### 3.2.5 Indicador: Hábitos de sana alimentación

En concordancia responden positivamente todos los profesores, algunos expresan que si la alimentación se basada en los productos cultivados en huertas o azoteas contribuye a que las personas tengan una alimentación más saludable ya que la práctica de la agricultura ecológica proporciona alimentos sin químicos dañinos para el organismo, esos alimentos brindan los nutrientes que el cuerpo necesita para el buen funcionamiento, además contribuyen a conservar la salud, minimizar el riesgo de enfermedades durante el ciclo de vida de las personas (Tabla 15).

**Tabla 15.** ¿Considera usted que las azoteas contribuyen a tener una alimentación más saludable?

Profesor	Respuestas
P1	Sí, ya que es una de las prácticas de la agricultura ecológica
P2	Sí
P3	Sí
P4	Sí, porque los alimentos son cultivados sin químicos que afecten la salud.
P5	Sí, porque los alimentos son cultivados sin químicos que afecten la salud.
P6	Considero que la azote si contribuye a una alimentación saludable ya que proporciona los nutrientes que el cuerpo necesita para mantener el buen funcionamiento del organismo, conservar o restablecer la salud, minimizar el riesgo de enfermedades, garantizar la reproducción, gestación, lactancia, desarrollo de una familia sana.

Los huertos escolares son provechosos para la salud y la educación de los niños, pues son aprovechados como fuente de alimento, como lugar para el disfrute en tiempo libre, como fuente de insumos más sanos y saludables y, además, contribuyen a la conservación del ambiente se ponen en acción prácticas ancestrales ya que las acciones que mantienen estos saberes se reflejan en la cocina tradicional de la región del Pacífico y que se debe transmitir a las nuevas generaciones para el aseguramiento de soberanía alimentaria [23]. en la actualidad, la forma en que comemos está experimentando un cambio cultural en el que los conocimientos tradicionales sobre la comida están perdiendo su importancia. Por lo tanto, es esencial reconocer la diversidad de alimentos y entender por qué están perdiendo su valor.

## 4. CONCLUSIONES

Los profesores manifiestan que los productos de consumo para la sana nutrición son claves en la promoción de la salud y el bienestar de las personas. Estos alimentos incluyen variedad de productos que están diseñados para brindar nutrientes esenciales y contribuir a una dieta equilibrada. A través de la agricultura ancestral se pueden obtener estos productos de primera mano ya que, son elegidos de manera consciente de acuerdo a las necesidades del contexto, las personas pueden elevar su calidad de vida y reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con trastornos alimenticios, como la obesidad, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, ya que son alimentos más naturales fuera de químicos dañinos.

Lo profesores tienen claro que las plantas comestibles son una fuente fundamental de nutrientes, vitaminas y minerales y juegan un papel significativo en la promoción de una alimentación sana y equitativa. Así mismo su variedad es una ventaja, pues permite a las culturas de una amplia variedad de sabores. Sin embargo, es preciso tener en cuenta la importancia de la sostenibilidad en la producción para abordar los desafíos ambientales y sociales que se presenten y el consumo de plantas comestibles como frutas, verduras, legumbres, granos y hierbas para garantizar la disponibilidad de estos recursos naturales en el futuro.

También reconocen que una alimentación balanceada es equilibrada que aporta al organismo los nutrientes necesarios para el correcto desarrollo físico. Es una inversión en la salud en el presente y en el futuro. A través de la agricultura familiar y con un grado de conocimiento sobre la alimentación balanceada se vuelve indispensable tener hábitos alimenticios sanos teniendo en cuenta que las necesidades nutricionales varían según la edad, la sexualidad, la actividad física individual y, además, juega un papel importante en el contexto. Para lograr una alimentación balanceada se recomienda la ingesta de alimentos pertenecientes a los tres grupos: constructores, reguladores y energéticos sin exagerar el consumo de grasas y azúcares.

Reconocen los profesores que elegir el terreno para la siembra de plantas es un paso decisivo en la agricultura familiar rural, ya que puede afectar o favorecer el crecimiento y la calidad de la siembra. Para la selección de semillas para la siembra se debe tener presente el tipo de suelo, este debe tener buen sistema de drenaje, la calidad de luz es fundamental para el desarrollo de las plantas. Frente a la información anterior las personas de la zona rural a la hora de la escogencia del terreno y saben perfectamente cuál es el adecuado para no perder la producción futura. Algunos prefieren sembrar a través de pozos, canales o fuentes para el riego de los cultivos así, aseguran el acceso a fuentes de agua más confiable.

También saben que una huerta se puede realizar en el terreno o en azoteas, para la construcción de una huerta o azotea son necesarios elementos habituales que generalmente se encuentran en todos los hogares como lo son: madera, palas, rastrillos, machete, madera, palos, tierra adecuada, abono, clavos, etc. Estas traen consigo muchos beneficios para las personas, como tener a la mano alimentos en todas las épocas del año, el consumo de alimentos sanos, fresco y más nutritivos, minimiza gastos, obtención de recursos económicos con la venta de los productos alimenticios y mejoría en el estado nutricional de quienes disfrutan de dichos productos construcción de azotea escolar.

Reconocen que los contenedores son los recipientes que se utilizan para albergar las semillas y las plántulas durante su crecimiento inicial, son de diverso tamaño, forma y material, son fáciles de conseguir ya que se aprovecha de envases y vasijas de plástico o recipientes en desuso como ollas, latas y potrillos de madera, que son adecuados para que sean aptos para realizar la siembra en ellos. Las semillas son el punto de partida para el cultivo de plantas, la consecución de ellas es a través de intercambio de plántulas entre vecino o resultan de los frutos que se consumen. Tanto los contenedores como las semillas son elementos indispensables en el proceso de siembra y cultivo de plantas y es fundamental seguir las instrucciones.

ES claro que deben poner en práctica los conocimientos sobre la construcción de azoteas o huertas que contribuye a que los estudiantes y sus familias tengan una sana y nutritiva alimentación porque los productos alimenticios que allí se cultivan son de origen orgánico, más naturales ya que se aplica las prácticas ancestrales de agricultura ecológica que han ido pasando de una generación a otra. Los productos alimenticios provenientes de huertas o azotes son libres de químicos dañinos para el organismo y brindan los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del cuerpo y disfrute de una calidad de vida.

## **Recomendaciones**

Se recomienda fortalecer los conocimientos y prácticas ancestrales sobre la agricultura artesanal. Tener en cuenta que la creación de huertas escolares es una excelente iniciativa para educar a los estudiantes sobre la agricultura, la nutrición y la sostenibilidad. Dar a conocer los beneficios que tiene implementar huertas o azoteas con plantas comestibles en las escuelas y en las casas para la alimentación y la salud de la comunidad en general.

Permanencia de la huerta escolar e involucrar a toda la comunidad en el uso de huertas o azoteas de plantas comestibles con el propósito de favorecer la seguridad alimentaria para una alimentación más balanceada, esto fomentara el interés y la responsabilidad de todos.

Enseñar a los estudiantes sobre el respeto, conservación del ambiente y saberes ancestrales, para que ellos repliquen con sus familiares y futuros compañeros, de manera que se fortalezca el trabajo en equipo desde esta nueva experiencia.

## REFERENCIAS

- [1] Betancourt G. (2018). Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN). Desarrollo territorial en Colombia.
- [2] ONU. (2023). Recuperado: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- [3] ONU. (2021). Seguridad alimentaria frente pandemia del Covid-19. Recuperado: <https://blog.iica.int/blog/>
- [4] Ministerio de Salud y Protección Social. (2017). Política de Atención Integral en Salud. Colombia.
- [5] Iberdrola. (2023). Qué es la alimentación sostenible. Sostenibilidad alimentaria, una receta contra la contaminación. Recuperado: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/sostenibilidad-alimentaria>
- [6] Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). Análisis de Situación de Salud (ASIS). Colombia.
- [7] Distrito de Buenaventura. (2022). Avanza construcción del plan distrital de autonomía, seguridad alimentaria y nutricional para Buenaventura. Recuperado: <https://www.buenaventura.gov.co/articulos/avanza-construccion-del-plan-distrital-de-autonomia-seguridad-alimentariay-nutricional-para-buenaventura>
- [8] ONU. (2022). Objetivos del Desarrollo Sostenible. Recuperado: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- [9] Precker M. (2021). Consecuencias de la inseguridad alimentaria para la salud a largo plazo. Heart Attack and Stroke Symptoms.
- [10] FAO. (2023). Mejoramiento para la seguridad alimentaria en el hogar. Recuperado: <https://www.fao.org/3/W0073S/w0073s13.htm>
- [11] Fundación Acua. (2019). Teofila Betancurt: La mujer rural que preserva los oficios de cocina y medicina tradicional en la Costa Pacífica de Colombia. Recuperado: <https://www.rimisp.org/noticia/teofila-betancurt-la-mujer-rural-que-preserva-los-oficios-de-cocina-y-medicina-tradicional-en-la-costa-pacifica-de-colombia/>
- [12] Palacios C. (2020). Conocimiento tradicional, cocina y mujer en Buenaventura. Trabajo de grado. Universidad Santiago de Cali, Colombia.
- [13] Hernández R. et al. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill.
- [14] Nastacuas B. y Angulo L. (2019). La huerta escolar como una forma de mantener los usos y costumbres tradicionales Awá con los estudiantes del grado cuarto del Centro Educativo Quejuambí en el Municipio de Tumaco Nariño. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia.
- [15] López J. (2020). Huerto escolar como componente auto sostenible de merienda escolar en la Seguridad Alimentaria Nutricional y su uso como herramienta pedagógica. Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas 7(14), 87-98.
- [16] Castro C. (2021). La huerta ancestral "Zhy Gue Ta" estrategia para incentivar la sensibilidad ética y estética en la comunidad de aprendizaje desde la pedagogía del reconocimiento. Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
- [17] FAO. (2021). Decenio de las Naciones Unidas de la Agricultura Familiar. Recuperado: <https://www.fao.org/family-farming-decade/home/es/>
- [18] Vanegas B. (2017). La huerta escolar como estrategia pedagógica para mejorar la percepción nutricional por medio de la concientización e importancia de los recursos naturales para ello; en los estudiantes de primaria de la sede Alto Riecito. Trabajo de grado. Fundación Universitaria los Libertadores, Colombia.
- [19] Vera J. (2015). La huerta escolar como estrategia didáctica para el desarrollo de competencias científicas en la institución educativa Maestro Pedro Nel Gómez. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- [20] Alonzo R. (2019). Análisis de viabilidad económica, técnica, social y ambiental en la implementación de huertos orgánicos comuna Sancán. Trabajo de grado. Universidad Estatal del sur de Manabí, Ecuador.
- [21] Infocampo. (2020). Recuperado: <https://www.infocampo.com.ar/como-hacer-un-semillero-paso-a-paso-con-materiales-recicladosp/>
- [22] Inga C. et al. (2021). Saberes ancestrales alimentarios y desarrollo del turismo gastronómico en el Cantón Cañar. Pololo el Conocimiento 6(9), 1679-1691.

# Innovación en el aula: Percepción del profesor de ingeniería

Vera J. Santiago-Martínez<sup>1</sup>

Andrea C. Prieto-Royet<sup>2</sup>

*Universidad Libre Seccional Barranquilla*  
Colombia

En este estudio se presenta el diagnóstico realizado a un grupo de profesores de Ingeniería respecto al concepto de la innovación en el aula de clases. El diagnóstico hace parte de un estudio para identificar cuáles son los retos a las prácticas innovadoras en la enseñanza de la ingeniería que existen desde la perspectiva de los profesores. Se presentan los resultados de las entrevistas a 18 profesores universitarios, en las que se abordaron preguntas como: ¿Qué estrategias pedagógicas innovadoras conoce usted? ¿Para usted qué es ser un profesor innovador? ¿Considera que tiene la formación para ser innovador en el aula de clases? ¿Qué otras herramientas, además de la formación, son necesarias para ser innovador? Los hallazgos permitieron identificar que existen diferentes conceptualizaciones de la innovación en el aula. La mayoría de los profesores asocia la innovación con creatividad, recursividad, incorporar tecnologías de la información y estar a la vanguardia en el manejo de las mismas. El diagnóstico busca trazar la línea base para la operación de un Laboratorio de Innovación, como espacio para experimentar, despertar habilidades creativas y desarrollar iniciativas innovadoras, tanto para estudiantes como para profesores. Uno de los objetivos de este laboratorio es el desarrollo de *Clases Innovadoras*. En una próxima etapa del estudio el objetivo es generar un banco de actividades y recursos.

---

<sup>1</sup> Doctora en Desarrollo Empresarial y Gerencial. Contacto: [veraj.santiagom@unilibre.edu.co](mailto:veraj.santiagom@unilibre.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera Industrial. Contacto: [andreac-prietor@unilibre.edu.co](mailto:andreac-prietor@unilibre.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el ritmo de la innovación es tal que en los últimos 50 años se han realizado más invenciones que en todo el periodo anterior a ese. La innovación en el aula, sin embargo, no se mueve a la misma velocidad y podría pensarse que algunos procesos pedagógicos parecieran no haberse visto afectados por la innovación del entorno. Esto sucede en los diversos niveles educativos, en instituciones educativas de primaria y secundaria donde se sigue enseñando como se hacía hace 50 años, y hasta en la docencia universitaria se adolece de prácticas educativas más innovadoras.

La ingeniería como área de formación profesional tiene gran demanda. Los conocimientos de estas carreras son específicos, complejos y requieren de constante actualización. Adicionalmente, dado que la eficiencia en los procesos de aprendizaje dentro del aula no es igual para cada estudiante, la enseñanza en ingeniería se hace más compleja y retadora. Tomando en cuenta que todo proceso es susceptible a mejoras e innovaciones sin importar la naturaleza de este, la educación en la ingeniería debe buscar la mejora continua. Los modelos pedagógicos que adoptan las instituciones deben ser las herramientas para tal mejora.

Un modelo educativo reúne los paradigmas educativos que una institución profesa y que sirve de referencia para todas las funciones que cumple de docencia, investigación, extensión, vinculación y servicios a fin de hacer realidad su proyecto educativo. El modelo pedagógico de la Universidad Libre es un modelo auto estructurante cognitivo cognoscitivo, entendido como el estudio de las formas de aprendizaje del ser humano mediado por el conocimiento, el lenguaje y el entorno, entre otros aspectos.

Este modelo da cabida a una mejora global del aprendizaje promovido en la institución, donde nace el presente proyecto que tiene como propósito analizar los principales retos a la innovación en la enseñanza y aprendizaje que enfrentan los profesores. A partir del diagnóstico de la percepción sobre la innovación en el aula y las estrategias puestas en práctica por el profesor se construye una base de entendimiento para generar un acompañamiento que permita la dinamización hacia una enseñanza más innovadora.

Entre los objetivos propuestos está el identificar las estrategias metodológicas que utilizan los profesores de ingeniería en el desarrollo de las clases, mediante entrevistas estructuradas, para establecer el uso de la innovación y su percepción por parte de ellos. A partir del análisis de la información que arroje estas fuentes primarias de la investigación se podrán establecer los retos a la implementación de prácticas innovadoras dentro de la enseñanza de las asignaturas de ingeniería.

Para la obtención de la información del diagnóstico se utilizó como herramienta principal la entrevista estructurada. Además, la información primaria consolidada se fortaleció con la revisión de literatura. El estudio se sustentó en diferentes autores teóricos e investigadores quienes poseen aportes acerca de las técnicas para aprender, socializar y ser exitosos en las relaciones personales siendo este un instrumento el cual se adapta acorde a los estudiantes de la comunidad unilibrista y a las consideraciones por los autores de esta investigación.

## 2. MÉTODO

Esta investigación es cualitativa con un enfoque descriptivo-explicativo que inició con la definición del alcance del diagnóstico, el cual abarca los dos programas de ingeniería de la universidad libre seccional Barranquilla, que son Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas. Tras realizar un reconocimiento de los componentes del plan de estudio de los dos programas de ingeniería existentes se procedió a elaborar un diseño preliminar de un formulario como guía para la realización de entrevistas a profesores y por consiguiente a la validación por la líder del grupo de investigación educativa y desarrollo pedagógico en ingeniería. La población objetivo fue el grupo de 18 profesores vinculados en el semestre 2023-1 que participaron en el estudio.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En las Tablas 1 a 7 se presentan las preguntas contenidas en la herramienta guía de la entrevista y las respuestas de los profesores.



**Tabla 1.** Listado de preguntas de la Entrevista

Pregunta	
1	Mencione las estrategias, técnicas o recursos que usted utiliza para enseñar en sus asignaturas
2	¿Considera que alguna(s) de las estrategias mencionadas que utiliza en los cursos es innovadora? ¿Cuáles y por qué?
3	Además de las mencionadas en la respuesta anterior, ¿qué otra estrategia pedagógica innovadora conoce?
4	¿Para usted qué es ser un profesor innovador?
5	¿Considera que tiene la formación para ser innovador en el aula de clases?
6	¿Qué otras herramientas (además de la formación) son necesarias para desarrollar actividades y estrategias innovadoras en la enseñanza de sus cursos?

**Tabla 2.** Resultados de la pregunta 1

Mencione las estrategias, técnicas o recursos que utiliza para enseñar en sus asignaturas	
Utiliza la cooperación entre estudiantes (Monitores dentro del aula de clase). Excel. videos. Programas de ayuda (Simuladores). Ejemplos	Es un profesor casuístico (Enseña con ejemplos reales). Videos.
Videos para comprender el aspecto aplicado de los conceptos que se van a manejar. Artículos científicos desde la aplicación. Explicar desde la experiencia.	Una de las técnicas es el trabajo en equipo, con un taller práctico diseñando con temas reales según el tema, exposiciones y lecturas
Manejo de AUTOCAD, Página web propia donde hay una dinamización de los diferentes temas a tratar, Diapositivas	Puzzle, Juegos con parte digital, Legos (robots) Recursos para entrenar chatbots. Recursos similares para que los estudiantes trabajen a su manera.
Contextualizar las temáticas a la vida real, Casos problemas. Invitar a los estudiantes a las auditorías internas. Asignar trabajos de campo, Excel. Softwares estadísticos (Statgraphics).	Mi materia es muy práctica, el estudiante aprende cuando hace a medida que el estudiante se involucre, dialoga, se enfrenta, discute, va a prender mucho más, pero si el estudiante está quieto en la silla y no tiene contacto con el tema que se está tratando el aprendizaje va hacer difícil.
Explicación magistral de la teoría, presentación de conceptos, ejemplificación, trabajo conjunto, es decir el desarrollo de ejemplos de manera conjunta profesor estudiante, la presentación de videos, la aplicación de experiencias en laboratorio, el uso de ejercicios prácticos y antes de pandemia el trabajo de campo por temas de restricciones después de pandemia no se ha retomado.	Modelo pedagógico de la universidad. Apoyo tecnológico como e-libre, Teams, La biblioteca, Bases de datos de la universidad. Desarrollo de talleres, quices, ensayos, mesas redondas. Grupos de estudiantes para preparar temas específicos. Desarrollo de foros, de clases tipo galería, lúdicas de aprendizaje.
Diapositivas, Ejemplos de la vida real, Proyectos de la vida real. Pasar al tablero, Talleres solucionando problemas reales de la realidad.	Clases Magistrales, Videos, Juegos. Trabajo en equipo de acuerdo con una situación polémica. Resolver casos de la vida real con la aplicación de las temáticas de clases.
Motivación de bonificaciones. Participación en clases para activarlos. Aplicación de GeoGebra.	Módulos de aprendizaje. Presentaciones. Actividades colaborativas. Actividades individuales
Los llamo Ingenieros para que estén ya contextualizados y que se enamoren en la carrera, Estudios de casos. Partir de un problema donde los estudiantes hacen sus aportes para llegar a la solución de ese problema. Diapositivas, La mayéutica, Herramientas tecnológicas, Excel, Statgraphics, Recordarles a los estudiantes que manejen el concepto para que se les haga más fácil comprender, seminario Alemán.	No pide trabajos en computador para poder ver el diagnostico real, para identificar falencias. Talleres dentro del aula. Evaluar el tema dado, Un libro como ejercicio evaluativo por capítulos. Cine foro, Aprendizaje autónomo, Pruebas saber Pro. Estimula a la redacción de ensayos.
Ser practico, asociar ejemplos muy cotidianos para unir el concepto teórico de la asignatura. Presentaciones ppt. Videos.	Cátedras magistrales, apoyadas por presentaciones diseñadas en Canvas, Power Point o Genially. Incluir videos, hacer pequeños quices, consultas, análisis de casos por medio de Mentimeter. Actividades grupales, casos aplicados y proyectos de aula. Una salida de capo o visitas industriales.

**Tabla 3.** Resultados de la pregunta 2

¿Considera que alguna(s) de las estrategias mencionadas que utiliza en los cursos es innovadora? ¿Cuáles y por qué?	
No las considera innovadoras, pero las considera precisas para el dictamen de sus clases	No son innovadoras porque ya han existido. Algunas cosas son estratégicamente funcionales. La innovación falta en mis asignaturas.
No las considera innovadora, porque son inventos que existen y otros profesores utilizan. Considera innovador llevar el aspecto matemático a lo mínimo para facilitar el aprendizaje de los estudiantes.	Llevo especialistas en el tema como clases didácticas, que el estudiante no solo sea el receptor.
Sí, porque este tipo de trabajo tienen mucha precisión que hacerlo directamente a mano, ya que se llega al punto que se quiere llegar directamente.	Recursos tecnológicos actualizados, ir a un entorno real como Twitter para aplicar los conocimientos como desarrollador, etc.
Considera innovador la utilización de las herramientas virtuales como Excel y Statgraphics por la manera en cómo se puede llegar a los	Yo explicaba costo al consumo energético con su fórmula y resultados, pero ahora la actividad es que

<p>mismos puntos de una manera mucho más sencilla. Contextualizar los proyectos de los estudiantes al trabajo de campo porque los motiva, un ejemplo que da el profesor para la clase de diseño de experimentos es la manera en cómo un grupo de estudiantes asiste a los gimnasios para diseñar un modelo de dietas para disminuir de peso (traer ejemplos reales lo considera innovador).</p>	<p>compren un aire acondicionado mejor del que tenían con el fin de enfrentarlos a ese caso y que tomen la decisión la actividad de simulación en donde el estudiante explica y realiza como se hace la soldadura en las instalaciones de la universidad eso estoy seguro de que no se les olvida nunca.</p>
<p>No es innovadora, aunque aclara que como él es catedrático enfrenta las problemáticas en su día a día respecto a las materias que el dicta, lo cual considera que es un arma innovadora, aunque no en la pedagogía.</p>	<p>La forma en la que cada grupo de estudiantes define la forma en la que va a desarrollar la temática que se le ha asignado.</p>
<p>No, porque lo usan muchas personas.</p>	<p>No, pero tengo nuevas ideas para incorporar, pero necesito ayuda para saber cómo hacerlo.</p>
<p>Las considera innovadoras, aunque no sean nuevas, porque dan resultados. Ayuda a que el estudiante pueda verse o realizar una simulación de la vida real en clases y aplicar conocimientos.</p>	<p>No, porque lo que manejo no es novedoso, pero si impacta positivamente en el aprendizaje del estudiante porque es darle el contenido de primera mano antes de desarrollarlo y además es darles esa confianza de poder reflexionar sobre el contenido.</p>
<p>No, ya que estas estrategias tienen rato que están ya implementadas en la forma de enseñanza.</p>	<p>Asociar ejemplos de la vida real con los conceptos teóricos ya que hace la clase más entretenida para los estudiantes.</p>
<p>La práctica en si algunas son tradicionales como el método socrático de ir preguntando y contrayendo con el estudiante pero la incorporación de herramientas para la ilustración y como tal la explicación de los temas por ejemplo en métodos uso plataformas que te permiten hacer diagramas de flujo en línea, hacer los ejemplos un poco más gráficos, herramientas de la era digital como el uso de YouTube, en este semestre en métodos utilizare aplicaciones de Google que están enfocadas al tema a la toma del tiempo, te permiten compartir el trabajo colaborativo.</p>	<p>Estrategia de proyectos de aula, porque ahí es donde desarrollan una investigación, hay mucha creatividad, deja expresar más la innovación. Videos. Infografías: Ej.: Proyecto de aula de un huerto urbano sostenible.</p>

**Tabla 4.** Resultados de la pregunta 3

<b>Además de las mencionadas en la respuesta anterior, ¿qué estrategias pedagógicas innovadoras conoce usted?</b>	
Otras herramientas virtuales enfocadas en los test tipo kahoot.	Tener un aplicativo, un juego que permita evaluar la ortografía
Videos enmarcados en la problemática (sobre la acción real). Usar Gamificación, que el mismo juego empuje a los estudiantes a apropiarse de los elementos conceptuales.	El aprendizaje acompañado con tecnología digamos kahoot, aprendiendo, jugando, gamificación es una manera en la que se logra visualizar y recibir las clases de manera didáctica.
Renderización (Utilización de software para poner texturas, luces, puertas, etc.)	Proyectos , Casos de estudios reales
Hacer visitas a las empresas y aprender directamente de los especialistas	Un invitado, visitas industriales, dar la clase en otro salón.
Actividades de gamificación.	La participación de proyectos en ferias universitarias.
Movilidad académica, relacionar a los estudiantes que lo que se da en el aula tienen un uso en la vida real.	Gafas de realidad virtual, Graficar funciones en 3D Manualidades
Lectura, dentro y fuera del aula de clases.	Tecnología que impacta positivamente en el aprendizaje.
En la universidad de Pereira he conocido lo que llaman como Lúdicas, porque son muy prácticas en el aula de clases, son como laboratorios en las clases, en la que se usan recursos y materiales donde el estudiante va construyendo el conocimiento de manera visual, no teórica. Los avatares con software, una planta virtual donde el estudiante accede y puede ver cómo sería una planta real	Hoy en día se hace uso de herramientas un poco más interactivas por ejemplo plantear un interrogante y que la audiencia a través de sus celulares o aplicaciones se pueda dar respuesta y en tiempo real mostrar en general la audiencia dio como respuesta, por ejemplo, mentí meter o juegos interactivos.
Pasar de software estructurado a libre, como sería pasar de utilizar statgraphics a lo que es R. trabajar con paneles sensoriales, pero necesitaría apoyo de otros profesores, tiempo, catadores y recursos económicos. Adquirir laboratorios.	Aprovecharía si tuviera la oportunidad de tener estudiantes de ING. Sistemas e industrial los pusiera hacer un aplicativo o página web, que aprendieran a usar esas herramientas. El Uso de arduinos. Podcast: reto de saber dar discursos que sean llamativos, que enganchen. Genially y Canvas para hacer dinámicas interactivas. Los laboratorios para lo teórico llevarlos a la práctica. Laboratorios virtuales, Herramientas de simulación.

**Tabla 5.** Resultados de la pregunta 4

<b>¿Para usted qué es ser un profesor innovador?</b>
--

Es aquel que siempre busca las estrategias adecuadas para el grupo en el que está dictando sus clases ya que no todos los estudiantes se comportan de la misma manera.	Pasar de la educación tradicional y bancaria a adaptarse a nuevos modelos de comportamiento, es poner en práctica un recurso que les facilite incentivar a un estudiante habilidades y actitudes de manera más alternativa y no tradicional.
Que genere nuevas estrategias y alternativas para hacer más eficiente el proceso de aprendizaje. Que los estudiantes aprendan más conceptos en un plazo menor de tiempo.	Es aquel que se sale de lo tradicional rompe esquemas, busca y creas nuevas estrategias de aprendizaje que el estudiante aprenda de otra manera.
Se considera innovador y comenta sobre una promesa básica que él tiene que no consiste en enseñar, sino que sus estudiantes aprendan. Todo lo que conlleve a cumplir esa promesa lo considera innovador. Ser innovador significa tener la capacidad de transmitir el conocimiento a los estudiantes, que lo entiendan y lo puedan explicar. Enfocarse a las competencias blandas también lo considera ser innovador	Esta actualizado con todo lo nuevo que trae la tecnología, por ejemplo, les enseñe a usar el ChatGPT y se dieron cuenta que les sale mejor realizar las cosas con su propio análisis o con su conocimiento que intentar dirigir al programa en lo que tu buscas o quieres saber. Esto les ayudo a ya no usarlo tanto en vez de impedirselo como hacen otros profesores.
Aquel profesor que busca ingeniosamente la manera de enseñar de una forma distinta a como el resto lo hace, que el método de enseñar sea funcional y que aporte significativamente al aprendizaje, que use tecnología avanzada y algo que impacte.	Que el profesor diseñe su clase pensando en el estudiante en la edad del estudiante en su generación, en sus expectativas, en sus sueños y está pensado como sus estudiantes y debe atraer la atención de ellos sin ser el payaso, porque la idea es que el estudiante se enamore del concepto.
Un profesor innovador es aquel que enamora, porque el enamoramiento está en la enseñanza-aprendizaje, ya que por mucho esfuerzo que haga el profesor, mientras el estudiante no perciba lo que es necesario hay un corte. Un profesor innovador es quien logra enamorar a los estudiantes sobre lo que él trate de formar.	Aquel que se sale de la docencia tradicional, que siempre está mirando nuevas herramientas con las cuales pueda apoyar su clase, que constantemente está metiéndole cosas nuevas a sus clases, sin dejar de cumplir con el micro currículo que se ha establecido en la universidad.
Aquel que trata de llevar el pensamiento del estudiante fuera de las aulas de clase, llevarlo a visitas, sacarlos al aire libre, con lúdicas, que pueda tener ese tipo de apoyo tecnológico. Aquel que se desprende de esa enseñanza tradicional, que el estudiante se involucren la clase, que participen, etc.	Es aquel profesor que haga ver a los estudiantes que lo que se está dictando en clase tiene utilidad para su vida. Es aquel que busca nuevas estrategias para que los estudiantes puedan aprender. Estar al día con todas las novedades sobre todo en cuestión de informática
Es aquel que siempre busca las estrategias innovadoras a través de actividades que al estudiante le agrada, dan resultados y que puede comprender y aplicar los temas dados en clases.	Es aquel que por un lado se adapta a los cambios en las tendencias que hay y el cambio de mentalidad en los estudiantes, etc. Es aquel que es capaz de incorporar elementos tecnológicos y nuevas técnicas.
Es aquel que puede con su impacto y conocimiento llegar a transformar un ámbito determinado. Es aquel que busca cambios positivos y que puedan apropiarse a los estudiantes de este conocimiento y tratar de comprender a cada individuo y su integralidad, saber que no todos tenemos la misma forma de aprendizaje. Un profesor que sea proactivo.	Considero a aquella persona que pueda alcanzar los resultados de aprendizaje, usando las últimas tendencias y apoyándose de las últimas herramientas tecnológicas para ello. Que genere la curiosidad del estudiante y que los impulse a desarrollar otras habilidades. En coherencia con la actualidad. Que el profesor sea muy activo en sus redes sociales para que por ahí transmita temas.

**Tabla 6.** Resultados de la pregunta 5

<b>¿Considera que tiene la formación para ser innovador en el aula de clases?</b>	
Sí, realizó un diplomado que le dio la Universidad Libre sobre herramientas TIC para el uso en clases.	Sí, se ha informado por medio de redes sociales, ha visto, el estar cercana a toda la realidad, por medio de colegas. Redes académicas. Formación autodidacta.
No considera haber tenido una formación formal, pero aclara que ha recibido varios tipos de charlas orientadas a los nuevos mecanismos de conocimiento para enseñar. Ha recibido capacitaciones en sus diferentes trabajos enfocadas más en la motivación.	Sí, gracias a mi diplomado en TIC. Tengo las Intenciones, pero nos falta formación en el tema sería bueno una formación en innovación, pero en clases, considero que no tengo la formación pero la debería tener.
Sí, con los pocos recursos trato, también se requiere que los estudiantes tengan esa empatía en la clase, de querer aprender y participar en ella. Crear el ambiente de interés, la música, temas de la actualidad, que ayuden al estudiante a motivarlo y apoyarlos en su proceso.	Sí, mi carrera es una carrera muy exigente, en el que tienes que estar actualizando para poder avanzar, no puedo estar de espaldas a los que está pasando en el mundo, después de la pandemia, hay que estar buscando estrategias para que la atención de los estudiantes este siempre en el foco de la clase.
Que tenga una certificación no, pero como aprendizaje autónomo sí lo he hecho, buscar, leer, experiencias, debo formarme en los programas que los estudiantes están usando, formaciones en herramientas TIC.	Como profesor, tenemos que guiarlos a usar las cosas que le puedan aportar y que ellos en su autonomía y autoaprendizaje ya puedan tener el criterio de decidir qué es lo mejor para ellos y qué no.
Sí, porque no solo se preocupa de transmitir un concepto, se preocupa por formar un profesional. Formar un profesional significa entender que es una persona que puede tomar un	Todo lo ha hecho a gusto propio. Hay que estudiar para ser profesor, que este abierto al cambio constantemente, que este en busca de nuevas herramientas, nuevas tendencias locales,

concepto de cualquier lado, pero utilizarlo, llevarlo a un auditorio y transmitirlo es alta formación.	nacionales e internacionales para llegar al estudiante y hacer que se enamore más de la clase y del proceso de aprendizaje.
Se considera un profesor innovador, aunque a veces se frustra porque, así como les dice a los estudiantes a todos no nos gusta lo mismo.	No aplicaría porque asegura que un profesor se debe de mantener en constante aprendizaje.
Sí, día a día como profesor se encarga de buscar las mejores formas de enseñar o conseguir mejores resultados.	Tengo la formación específica, pero necesitaría un trabajo integral con otro equipo como por ejemplo ingenieros de sistemas que me ayuden a desarrollar las ideas que mencione anteriormente.
No, niega haber recibido capacitaciones sobre cómo ser innovador.	

**Tabla 7.** Resultados la pregunta 6

<b>¿Qué otras herramientas (además de la formación) son necesarias para desarrollar actividades y estrategias innovadoras en la enseñanza de sus cursos?</b>	
Mantener en la búsqueda de alternativas para la enseñanza. Tablero electrónico para ciertas asignaturas. Equipos de cómputo que cumplan con ciertas características. Software.	Mayor uso de tecnología, realidad aumentada. Asegura que pueden ser base de innovación.
Visitas a empresas para que los estudiantes puedan percibir el contexto de los conceptos que se le están enseñando. Gamificación por el mismo motivo de las visitas a empresas.	La parte técnica, aulas interactivas, los equipos necesarios, herramientas que permitan afianzar la formación.
Mayor inyección de recursos, especialmente tecnológicos.	El inglés, el manejo de la segunda lengua es importante, la investigación.
Considera importante utilizar mayor tecnología.	Hacer las cosas de una manera diferente, hacer las tareas de una manera distinta, que no sientan que están haciendo lo mismo siempre. El querer ser innovador va en uno mismo, va en un tema de actitud y de conocimiento.
Que el estudiante esté en el contexto real, que pueda ir a la empresa a solventar sus dudas. Que se sea transversal en los proyectos integrando las asignaturas con el trabajo de campo.	Las herramientas si existen contamos con laboratorios lo que falta es la intención, el conocimiento y ganas, motivar a los profesores, herramientas hay muchas solo que no las usamos el mismo chat gpt se puede usar en clase, para mi curso está el virtual plant, lo que falta es una gestión.
Contacto con empresas reales.	Se aprovecha el espacio para trabajar las habilidades blandas, como madurar. Darles otras cosas que están fuera de google.
La práctica continua, la interacción con los estudiantes, entre otras cosas	Apoyo de otras áreas para poder incorporar nuevas ideas en mis asignaturas.
Herramientas tecnológicas, tableros digitales, laboratorio equipados, una buena red de internet, buena velocidad.	Que los estudiantes se relacionen mucho con el tema digital y que como profesores también podamos involucrar las TIC en el aula de clases.
Espacios propios, de infraestructura. Cada asignatura debería tener su propio laboratorio y que estuviera dotado con lo necesario. Tener a mano todos los temas tecnológicos.	Herramientas de tipo tecnológico fundamentalmente es decir relacionadas con la conectividad, interacción, el almacenamiento de datos, la presentación de datos, etc., y en general hay unas de tipo tecnológico, pero también esas herramientas tienen que ir de la mano con un enfoque desde lo pedagógico, ahí está las herramientas de tipo pedagógico y digamos la adaptación a las tendencias de aprendizaje y a facilitar esa incorporación donde esas herramientas en el aula como tal. Como lo es la inteligencia artificial que cada vez va tomando más protagonismo, armonizando lo tecnológico con lo pedagógico de la mano con la excelencia de la ética con el aula.

#### 4. CONCLUSIONES

En esta ponencia se presentan los resultados de las entrevistas a 18 profesores universitarios en las que se abordaron preguntas tales como: ¿qué estrategias pedagógicas innovadoras conoce? ¿Para usted qué es ser un profesor innovador? ¿Considera que tiene la formación para ser innovador en el aula de clases? ¿Qué otras herramientas además de la formación son necesarias para ser innovador?

Los hallazgos permitieron identificar que existen diferentes conceptualizaciones de la innovación en el aula. La mayoría de los profesores asocian la innovación con creatividad, recursividad, incorporar tecnologías de información y estar a la vanguardia en el manejo de estas tecnologías.

El diagnóstico buscar trazar la línea base para la operación de un Laboratorio de Innovación que es un espacio para experimentar, despertar habilidades creativas y desarrollar iniciativas innovadoras tanto para estudiantes como para profesores. Uno de los objetivos de este laboratorio es el desarrollo de *Clases Innovadoras*. Una próxima etapa del estudio es generar un banco de actividades y recursos.

## REFERENCIAS

- [1] Arellano J. y Rodríguez R. (2013). Salud en el trabajo y seguridad en el trabajo. Alfaomega
- [2] BID. (2020). Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo.
- [3] Bielza I. (2020). La migración a la ISO 45001 se amplía hasta septiembre de 2021. Recuperado: <https://revista.aenor.com/359/la-migracion-a-la-iso-45001-se-amplia-hasta-septiembre-de-20.html>
- [4] DANE. (2017). Manual de diligenciamiento encuesta de desarrollo e innovación tecnológica en los sectores Servicios y Comercio. EDITS.
- [5] DANE. (2018). Metodología general encuesta de desarrollo e innovación tecnológica en los sectores servicios y comercio. EDITS.
- [6] Del Giorgio F. y Lara S. (2020). Diseño y desarrollo de productos en base a prototipado rápido. *Actas de Diseño* 32, 41-254.
- [7] Ministerio del trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015. Reglamento único del sector trabajo. Colombia.
- [8] Gurr M. y Mülhaupt R. (2016). *Rapid Prototyping: Reference module in materials science and materials engineering*. Elsevier.
- [9] ISO. (2018). ISO 45001:2018. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso. ISO.
- [10] Jilcha K. y Kitaw D. (2017). Industrial occupational safety and health innovation for sustainable development. *Engineering Science and Technology* 20(1), 372–380.
- [11] Ladewski B. y Al-Bayati A. (2019). Quality and safety management practices: The theory of quality management approach. *Journal of Safety Research* 69, 193–200.
- [12] Mohammadfam I. et al. (2017). Evaluation of the quality of occupational health and safety management systems based on key performance indicators in certified organizations. *Safety and Health at Work* 8(2), 156–161.
- [13] Morales S. et al. (2020). Competencias asociadas a la gestión de la innovación, el conocimiento y la tecnología que requieren los ingenieros industriales para enfrentar los retos futuros de la profesión. En *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI*. Cartagena, Colombia.
- [14] Nawaz W. et al. (2019). Safety and sustainability nexus: A review and appraisal. *Journal of Cleaner Production* 216, 74– 87.
- [15] OCDE. (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development, the measurement of scientific, technological and innovation activities. OCDE.
- [16] OCDE. (2018). Manual de OSLO. Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. OECD.
- [17] OCDE. (2005). Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos 550 Avances. Tragasá.
- [18] Portafolio. (2021). La apuesta de crecimiento para las empresas en Colombia. Recuperado: <https://www.portafolio.co/innovacion/la-apuesta-de-crecimiento-para-las-empresas-en-colombia-549398>
- [19] Vosoughi S. et al. (2020). Identification, selection and prioritization of key performance indicators for the improvement of occupational health (case study: An automotive company). *Journal of UOEH* 42(1), 35–49.
- [20] WIPO. (2021). Global Innovation Index 2021. World Intellectual Property Organization, Switzerland.

# Propuestas educativas orientadas al fomento de una ciudadanía para la paz: Aproximación desde una revisión documental

Alexander Gómez Flórez<sup>1</sup>

Luis García-Noguera<sup>2</sup>

*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia*

Este estudio se deriva de un proyecto de investigación desarrollado en la Maestría en Paz, Desarrollo y Ciudadanía de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia. Se busca establecer las implicaciones que tiene dentro del posconflicto la construcción de propuestas educativas orientadas al fomento de una ciudadanía para la paz. Para ello, se realizó una revisión sistemática cualitativa de artículos publicados entre 2019 y 2023. Se revisaron 70 manuscritos, de los cuales se seleccionaron 50 para el análisis. Se concluye que las propuestas invitan a la interacción e interrelación desde la apropiación de la realidad, donde, a través de estrategias de investigación formativa y trabajo colaborativo, se propicia la consolidación de la democracia; por lo que es importante trabajar en la reconstrucción de la memoria histórica, especialmente en territorios que han vivido desplazamientos forzados.

---

<sup>1</sup> Filósofo, Abogado y Estudiante de Maestría en Paz, Desarrollo y Ciudadanía. Contacto: [alexander.gomez-f@uniminuto.edu.co](mailto:alexander.gomez-f@uniminuto.edu.co)

<sup>2</sup> Licenciado en Ciencias Sociales y Doctor en Ciencias de la Educación. Contacto: [luis.garcia@uniminuto.edu.co](mailto:luis.garcia@uniminuto.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La construcción de la paz en el territorio colombiano ha sido una constante a lo largo de la historia del país, atravesada por las guerras civiles que caracterizaron el siglo XIX, la violencia bipartidista y de guerrillas del siglo XX, la firma del acuerdo de paz con las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia y el Ejército del Pueblo Farc-EP y la coyuntura del Estado para responder al posconflicto [48]. En ese orden de ideas, la construcción de una ciudadanía para la paz se convierte en una impronta necesaria dentro del fomento de condiciones que conduzcan a la superación de las condiciones que han motivado la violencia [42], la construcción de tejido social, el empoderamiento y la participación social. Todo ello en pro de gestar desde los territorios espacios para una mejor dinámica social, desarrollo sostenible y bienestar integral de los ciudadanos.

En ese sentido, la ciudadanía para la paz, se centra en la generación de conocimientos y aprendizajes en los ciudadanos, que desde sus competencias, habilidades, destrezas y capacidades puedan diseñar propuestas de mejoramiento de los territorios, basados en la memoria histórica, participación ciudadana y el marco normativo para la paz, siendo un factor potencial para poder generar una cultura de paz tanto en los territorios vulnerables como a nivel nacional [46].

Por ello, se puede señalar que en Colombia la participación ciudadana ha sido clave para poder generar procesos de paz en la era del posconflicto [18], en la búsqueda de una mejor actuación de la ciudadanía, así como en el diseño de modelos sostenibles. Por tanto, la ciudadanía para la paz fomenta nuevas dinámicas de interacción entre los colombianos, reconociendo las singularidades políticas, económicas, culturales y sociales de los habitantes en el marco del diálogo, la inclusión social y la participación en democracia.

Tales consideraciones, lleva a considerar que las relaciones se pueden gestar desde los espacios de diálogo y paz, con propuestas de mejoramiento en los territorios y la formación de la ciudadanía para la paz en los habitantes. Un ejercicio, donde hoy es posible evidenciar múltiples apuestas formativas en los diversos niveles educativos. Propuestas que, desde la cátedra de la paz, la reconstrucción de la memoria histórica, la reconstrucción del tejido social o la participación ciudadana, buscan propiciar espacios de reflexión y construcción de nuevos valores sociales [47].

En ese orden de ideas, este capítulo detalla una revisión documental sobre la categoría ciudadanía para la paz, enmarcada en la pregunta: ¿qué implicaciones tiene dentro del posconflicto la construcción de propuestas educativas orientadas al fomento de una ciudadanía para la paz? la cual es sistematizada a través de las sub-preguntas: ¿qué es la ciudadanía para la paz? ¿Desde qué referentes teóricos se fundamenta la ciudadanía para la paz? ¿Desde qué referentes pedagógicos se sustentan las propuestas educativas orientadas a la ciudadanía para la paz? y ¿cómo han aportado a la transformación de los contextos las propuestas orientadas a la construcción de una ciudadanía para la paz?

## 2. MÉTODO

Para la construcción de este artículo, se realizó una revisión sistemática de literatura [19], de carácter cualitativo, orientada por los criterios de inclusión y exclusión, detallados en la Tabla 1. Para este ejercicio, a partir de la búsqueda de los artículos científicos, se construyó una matriz de revisión de literatura [20], donde en conjunto se analizó toda la información recolectada.

**Tabla 1.** Criterios de inclusión y exclusión

Atributos	Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
Documento consultado	Artículos científicos	Artículos de reflexión, artículos de revisión, reseña o nota editorial
Alcance temático	Artículos enfocados en ciudadanía para la paz	Artículos enfocados en otras categorías afines a ciudadanía para la paz: cultura de paz, educación para la paz o pedagogía para la paz
Año de publicación	Artículos publicados de 2019 a 2023	Artículos publicados antes de 2019

Fuentes de consulta	Revistas científicas indexadas en las bases de datos Scopus, Google Académico y Redalyc	Revistas indexadas en bases de datos diferentes a Scopus, Google Académico y Redalyc
Contexto	Revistas publicadas por países hispanoamericanos	Revistas publicadas por países por fuera del contexto hispanoamericano
Idioma	Artículos publicados en español o portugués	Artículos publicados en otros idiomas diferentes al español y portugués

Finalmente, es válido señalar que, para recolectar la información en las bases de datos, se empleó los descriptores: ciudadanía para la paz, construcción de paz, cultura de paz, convivencia para la paz y cátedra de la paz. A partir de la revisión de los documentos consultados, se realiza su sistematización y análisis de contenido categorial, desde donde se buscó establecer los patrones, ideas fuerza y temas de interés que configuran el objeto de estudio [19]. Este proceso se enmarcó en la categoría, implicaciones de la ciudadanía para la paz en el posconflicto y las subcategorías: ciudadanía para la paz, referentes teóricos que fundamentan la ciudadanía para la paz, referentes pedagógicos que sustentan las propuestas educativas orientadas a la ciudadanía para la paz, y aportes a la transformación de los contextos realizados por las propuestas orientadas a la construcción de una ciudadanía para la paz.

### 3. RESULTADOS

Producto de la búsqueda de artículos científicos enmarcados en la categoría implicaciones de la ciudadanía para la paz en el posconflicto, publicados en revistas científicas indexadas en las bases de datos Scopus, Google Académico y Redalyc, y teniendo presente los criterios de inclusión y exclusión detallados en la Tabla 1, se revisaron 70 manuscritos de los cuales se seleccionó 50 documentos, tal como se detalla en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Artículos científicos revisados

Título	Autor(es)
Construcción de paz y ciudadanía. Entre la indiferencia y la memoria	Diego León Cossio Sepúlveda y Alexander Hincapié García
Construcción de paz, tecnologías de la información y ciudadanías creativas: el caso de la escuela audiovisual caminos de paz en cauca (Colombia)	Pablo Felipe Gómez Montañez, Clara Victoria Meza Maya y Sandra Lucía Ruiz Moreno
Escuela rural y territorio: una construcción para la paz	Nidia Yolive Vera Angarita
Construcción de paz y ciudadanía en la Educación Secundaria y Media en Colombia	Aura Alicia Cardozo Rusínque, Aldair Ricardo Morales Cuadro y Paola Andrea Martínez Sande
La Unidad Policial para la Edificación de la Paz y su modelo organizacional para la construcción de paz en Colombia	Andrés Macías-Tolosa y Jorge Bayona-Sánchez
La escuela: construcción de paz, potencial de memoria y socialización política con primera infancia	Paola Andrea Carmona-Toro y María Camila Ospina-Alvarado
Educación para la paz: una mirada desde la Universidad Nacional Autónoma de Honduras	Eddy Javier Paz Maldonado y Wilmer Nahán Díaz Pérez
Sentidos de las prácticas discursivas en la formación de maestros en clave de educación para la paz y construcción de ciudadanía	Sergio Andrés Manco Rueda, Juan Carlos Franco Montoya, José Federico Agudelo Torres y Patricia Parra Moncada
La publicidad social como herramienta para la construcción de ciudadanía	Francesca Senes y David Ricciulli-Duarte
Profesores formadores para la paz, desde las prácticas pedagógicas	Pedro Nel Urrea
Maestros gestores de diálogo y pensamiento crítico una oportunidad para construir paz en el aula	José Federico Agudelo Torres, Beatriz Elena Isaza Zuleta y Enelsy Estela Mercado Cervantes
Paz, equidad, reconciliación y educación ciudadana: Los retos de la educación para una sociedad en posconflicto	Julio Contreras, Andrea Aguilar-Barreto, Lorenzo Portocarrero, Luz Mira, Clara Aguilar-Barreto y Yonatan Aguilar-Barreto
Formación ciudadana y construcción de paz con equidad. Retos actuales de la educación media superior	Xicoténcatl Martínez Ruiz y Sylvia Vabn Dijk
Educación social escolar en la construcción de cultura y educación para la paz: propuestas metodológicas de intervención socioeducativa	María del Mar García-Vita y Marta Medina García
Mecanismos alternativos en la solución de conflictos para la construcción de una cultura de paz	Paulino Gerónimo González, Francisca Silva Hernández y Germán Martínez Prats
Desarrollo de un modelo de promoción de ciudadanía y convivencia para una cultura de paz	Diana Gabriela Moreira María
Cátedra de paz, comunicación y universidad	Félix Dueñas Gaitán, Diego Peña Garnica, Luis García-Noguera y Fanny Duque
Formación para la ciudadanía mundial, crítica y comprometida: Una revisión sistemática	Carlos Esteban Hernández Martínez



Educación para la ciudadanía en el posacuerdo	María Liliana Díaz-Perdomo y Nelson Darío Rojas-Suárez
Construir la Cosmópolis para formar la ciudadanía planetaria	Juan Martín López Calva
Resistencia de las escuelas en Colombia: Contribución a la paz en medio de la violencia	Camilo Andrés Mateus Molina
La construcción de ciudadanía mundial en bibliotecas rurales. Una sistematización de dos experiencias en Colombia	Nicolás Aguilar-Forero
La enseñanza en ciudadanía: Nuevas exigencias para la escuela	Francy Julieth Quiceno Botero, Marlen Julieth Betancur Lozano y Héctor Rojas Betancur
Tolerancia: una mirada al acuerdo de paz	Aury Mayerly Acevedo-Suárez y Andrés Botero-Bernal
Desarrollo del pensamiento multidimensional para la construcción de una ciudadanía creativa	Víctor Andrés Rojas Chávez, Alejandra Herrero Hernández, Simón Dumett Arrieta, Adriana Tabares Salazar y Zaily Del Piar García Gutiérrez
La formación ciudadana en el contexto universitario. Una mirada axiológico-cultural desde la educación para la paz y la no violencia	Regina Venet Muñoz
Educación para la paz como mecanismo de convivencia ciudadana	Savier Fernando Acosta Faneite y Andrea María Villalba Mercado
Cultura de paz y formación ciudadana como bases de la educación en Colombia	David Barros Arrieta, Gloria Lastre Amell, Ernesto García Cali y Linda Ruiz Escorcía
Paz y ciudadanía a partir de la Cátedra de la Paz	Luis García-Noguera y Yadira Vásquez López
El juego como estrategia didáctica para el fortalecimiento de las competencias ciudadanas en la construcción de la paz, en los estudiantes de quinto grado de básica primaria, a través del juego popular denominado la vuelta a Colombia	Juan Carlos Pérez-Velásquez y Liliana Esperanza Peñaranda-Mojica
Formación docente en competencias ciudadanas globales: Una revisión sistemática de literatura	Rosa Elvia Díaz Méndez, Katherina Edith Gallardo Córdova y Davis Velarde Camaqui
Estrategias para desarrollar la convivencia y la paz desde la educación	Marleny Carreño y Hugo Rozo García
La educación ciudadana como dimensión del proceso de enseñanza aprendizaje en la formación de profesionales en Cuba	Maydel Gómez Lago, Dayamí Valdivié Mena y Maybely Véliz Rodríguez
La cátedra de la paz como eje de desarrollo social de cara al posconflicto	Kodalys Toro Osorio, Tulio Amaya De Armas y Carmen Romero Zúñiga
Cohesión social y participación escolar en estudiantes de educación básica y media de San Pedro de la Paz	Alejandro Sánchez Oñate, Claudia Paz Pérez Salas y Omar Alexandre Barriga
Competencias ciudadanas: Ejes presentes en el sector estudiantil colombiano	Nely Monterrosa
Competencias ciudadanas y sus políticas educativas en Hispanoamérica y Colombia	Deiscy Montaña Contreras y Ángela López
Formación ciudadana en Colombia: Balance de la cuestión, retos y tensiones	Andrés Gómez-Barrera
Paz y ciudadanía en las nuevas generaciones caso institución educativa ciudad de Tunja	Paola Cervera y Mónica Ramos Castilla
Impacto de la Cátedra de la Paz sobre los resultados del componente «sociales y ciudadanía» en las pruebas Saber 11 de los años 2015 y 2016 en Colombia	Héctor Rincón, David Guerrero y María Pulido
Educación para la Seguridad Ciudadana	Gerardo Gutiérrez y Nancy Schavino
La educación para la paz: Contribuciones para un estado del arte	Juan Carlos Gómez Barriga
Estudiantes que Narran: Violencias, Ciudadanía y Paz	Sara Velásquez Franco y Jhoan Rueda Restrepo
Formación de competencias ciudadanas de magistrantes en educación a través de la intervención de un currículo con una estrategia blended-learning	Ange Danielle Baumgartner
Educación Ciudadana y proceso de construcción del posacuerdo en Colombia: una propuesta desde la universidad	Camilo Arturo Contreras, Diego Andrés Ardila Valderrama y Miguel Antonio Rosso Jaimés
La educación para la paz en las instituciones escolares. Consideraciones al contexto venezolano	María Fátima Pinho de Oliveira
La participación ciudadana, factor asociado al desarrollo del turismo sostenible: caso ciudad de Ibagué (Colombia)	Cecilia Murcia García, John Freddy Ramírez-Casallas y Oscar Camilo Valderrama Riveros
Big data, educación y posacuerdo. Cultura de paz en redes sociales	César Parra Méndez, Diego Julián Santos Méndez y Margarita María Pineda Romero
Educación ciudadana para la convivencia democrática y la interculturalidad en educación inicial	Patricia Andrea Morales Vargas
Plataforma interactiva para la educación y el fortalecimiento de la paz: pazred	Diego Tangarife, Manuel Blanco, Esperanza M. Torres-Madroño y María C. Torres-Madroño

A continuación, se presenta el análisis realizado a la información recolectada de acuerdo con las subcategorías que se asumieron en el estudio: ciudadanía para la paz, referentes teóricos que fundamentan la ciudadanía para la paz, referentes pedagógicos que sustentan las propuestas educativas orientadas a la ciudadanía para la paz, y aportes a la transformación de los contextos realizados por las propuestas orientadas a la construcción de una ciudadanía para la paz.

### 3.1 Qué es la ciudadanía para la paz

La ciudadanía para la paz, es una elaboración conceptual que aproxima el ejercicio de la ciudadanía a su práctica dentro de entornos de paz [23]. En ese sentido, es un ejercicio que reconoce la autonomía de los individuos dentro de su escenario social, asumiendo principios axiológicos que lo llevan a contribuir de manera crítica y emancipadora [51], dentro de prácticas sociales que responden a normas y valores que fomentan la sana convivencia [12].

En ese sentido, la ciudadanía para la paz, es una categoría que tiene una incidencia directa en la construcción de procesos de reconciliación social dentro del marco del posconflicto, lo que contribuya a las acciones gestadas para superar violencia [24]. Esto es posible afirmar, al considerar sus aportes dentro de los cambios sociales y culturales que los individuos deben potenciar a partir de la revisión del conflicto interno armado [22], la elaboración de nuevos imaginarios sociales que contribuyan al dialogo colectivo y la elaboración de compromisos que hagan posible coexistir en medio de la diferencia.

Por ello, al considerar el ejercicio de la ciudadanía dentro de las apuestas de construcción de la paz, la educación formal e informal [25], que el estado y los gobiernos locales debe impulsar, es uno de los dispositivos de mayor importancia [21]. Toda vez que, desde ese escenario se puede propiciar la construcción y revisión de la memoria histórica [10], la prefiguración de nuevas experiencias sociales con un carácter inclusivo, el desarrollo de ejercicios conducentes a la reconstrucción del tejido social, el estudio de las normas que delimitan el ejercicio de la ciudadanía en los territorios y la reelaboración del lenguaje a partir de valores como el respeto y la tolerancia, entre otros procesos formativos [49].

### 3.2 Desde qué referentes teóricos se fundamenta la ciudadanía para la paz

La educación ciudadana debe estar dirigida al beneficio de la sociedad y no solo a nivel individual; de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura menciona la interrelación entre los países del mundo desde diferentes ámbitos, lo cual ha llevado a plantear una ciudadanía mundial. Teniendo como referentes los graves problemas ecológicos y sociales; aplicando como garante los instrumentos internacionales que protegen los derechos fundamentales en el ejercicio del ciudadano [1].

Así, el objetivo es consolidar democracias y reconstruir tejido social, es así que hacen un llamado, desde muchos lugares, a promover la tolerancia y la cultura de paz por medio de la educación como pilar para el desarrollo sostenible de las sociedades. [2]

En concordancia con los organismos internacionales se debe trabajar en la construcción de estándares por la paz y la disminución de la violencia [42]. Sin embargo, no se han establecidos lineamientos específicos que demarquen el camino que los profesores deben seguir para hacer sus prácticas educativas un encuentro para la convivencia y para la paz.

Orientados en estos lineamientos, los centros educativos son los responsables juntamente con la familia para proporcionar herramientas a los estudiantes para que se conviertan en ciudadanos capaces de realizar transformaciones de las realidades sociales, promoviendo e impulsando un mundo libre sin violencia [56]. Todo esto indica que la paz se construye y debe estar fundamentada en todo sistema educativo a nivel mundial. Siendo así los programas pedagógicos curriculares son un mecanismo de reflexión donde los estudiantes sean conscientes de sus actos, lo que la convierte en la forma para reposar sus angustias internas y sus conflictos externos [3].

Todo el escenario anterior consolida que las escuelas son lugares privilegiados porque, entre otras razones, son pequeñas sociedades en las que los estudiantes pueden poner en práctica las competencias ciudadanas que estén aprendiendo [52]. Por su parte, teóricos de la educación sostienen que la discusión académica, el debate pedagógico y las reflexiones en las aulas, propician la formación ciudadana en tanto el ejercicio de participar, aportar, nutrir y nutrirse recrean la capacidad de escuchar y luego expresar y en la medida en que esta actividad tenga lugar, se va comprendiendo de qué se trata la democracia [44].

La propuesta de estrategias de enseñanza desde las competencias ciudadanas, para que los estudiantes de secundaria como sujetos políticos y sociales, intervengan en la resolución de conflictos mediante el manejo y control de sus emociones, puesto que examinar los componentes que intervienen en la aplicación de este currículo dentro del plan institucional de enseñanza, procura un aporte para el soporte de la preparación integral de los estudiantes en la Cátedra de la paz [4].

En ese orden de ideas, el Plan Decenal de Educación 2016-2026 titulado el camino hacia la calidad y la equidad, afirma que para consolidar la paz se necesita de una educación que contribuya a formar buenos ciudadanos basados en la resolución pacífica de conflictos, reflexión, dialogo, y sana convivencia [43]. Con este Plan se pretende alcanzar un desarrollo económico y social, integrado la justicia, equidad, respeto, y reconocimiento de las diferencias como pilares fundamentales [5].

Se requiere de nuevos lineamientos curriculares que permitan el desarrollo y la formación de una educación ciudadana, ajustada a los cambios locales, regionales, nacionales e internacionales, a fin de educar un ciudadano con competencias, valores y conocimientos acordes al contexto donde vive [57].

Teniendo en cuenta el planteamiento lo anterior, se considera que la Historia puede enseñarse para la educación y formación de ciudadanos responsables con el momento que les toca vivir, de ahí que su papel, como parte de los procesos educativos formales en la educación del ciudadano, precisen este propósito. En tanto demuestran las potencialidades que desde sus sistemas de conocimientos emanan para trabajar la memoria histórica, la identidad y la participación ciudadana como elementos claves de la educación ciudadana [6]. Aunado a lo anterior, la función del entorno familiar en lo referente a los valores es de gran importancia en todos los ámbitos sociales en que se mueve el estudiante y que todos los valores incluso los antivalores que trae el estudiante de su casa se evidencian, en su comportamiento en el aula, lo cual debe ser ajustado por los profesores y compañeros [7].

A partir de la perspectiva de la educación para la democracia, se plantea la necesidad de una escuela que, más que centrarse en resultados académicos, priorice la formación de ciudadanos activos, que propicien el desarrollo social desde diversas alternativas, bajo una matriz de ciudadanía intercultural. Es decir que los niños deben desarrollar en la escuela una conciencia de su pertenencia a la sociedad y de cómo pueden contribuir a ella [8].

Para cohesionar la ciudadanía para la paz se da debido a que los jóvenes supuestamente no carecen de interés político, sino que desconfían de los mecanismos tradicionales, por ello, su participación se centra en espacios que se alejan de la concepción tradicional de la participación política. Su ejercicio va mucho más allá de los mecanismos de participación definidos por la tradición, ya que involucra todas las formas de ser y estar en una comunidad [45]. Lo cual indica un estatus que es necesario recuperar en su centro la creatividad de los subalternos, frente a quienes prometen bienestar sin garantizar el goce efectivo de derechos civiles y políticos [9].

Enfatizando que la escuela debe ser inclusiva y participativa tanto en su modelo pedagógico como de gestión. Debe generar un clima de seguridad, de confianza, de apoyo mutuo, de esta manera los conflictos que se presenten tendrán más posibilidades de ser resuelto de forma participativa en este contexto de democracia y colaboración comunitaria [11].

Hecho que se lleva a cambio por medio de los profesores quienes han transformado las aulas escolares en escenarios propicios para el dialogo, participación colectiva, infiriendo con ello la cultura de la no-violencia. Este sentido es posible solo por el lenguaje que se promueve en el conjunto de operaciones que, para nuestro caso, son el maestro y las organizaciones formadoras de estos, y sus prácticas discursivas que pueden develar los sentidos, que los autores llaman plexo de relaciones que se mueven entre la experiencia y la racionalización de la experiencia [12].

En este ámbito de interrelaciones humanas, la Policía Nacional juega un papel constitucional en la construcción de paz, motivado en preservar la paz como derecho constitucional y de derechos humanos. Por lo anterior cabe destacar que, al ser la Policía fundamental en la consecución de una verdadera

seguridad y promocionar la convivencia ciudadana [55], es una institución necesaria para el desarrollo y consolidación de los procesos de paz [54]. Sin embargo, los estudios sobre la institución policial en sí misma, realizados desde el campo de las ciencias sociales, con el interés de analizar el papel de la policía frente a la provisión de seguridad, ha sido escasa en Colombia y en toda América Latina [15].

Así, la Policía Nacional debe analizar el uso de las características de los tres principales modelos organizacionales de cuerpos o unidades de policía. 1) El modelo policial manejado discrecionalmente por elites de los partidos políticos en el escenario gubernativo con profesional legal para aplicar la ley con la participación de la comunidad; 2) el modelo de estructura centralizado, jerárquico, militarizado, con especialización de funciones por saberes profesionales, totalmente descentralizado y 3) el modelo de medios centrado en el uso de la fuerza como mecanismo de prevención.

De cara a lo anterior, la socialización política implica la participación de agentes relacionales como la familia, los agentes educativos y la sociedad y la existencia de un lugar que la albergue, que permite su existencia, que haga posible su desarrollo y manifestación. Por ello, para hablar de paz es indispensable reconocer la existencia de múltiples iniciativas tendientes a su construcción, como las acciones, las investigaciones y pedagogías, los emprendimientos y las políticas públicas [16].

La manera como el estado colombiano propicia ejercer la ciudadanía es fundamental la comprensión y el reconocimiento de los derechos, por lo que el desconocimiento de los mismos es un impedimento para el ejercicio de la ciudadanía pues más allá de un estatus comprende una práctica dinámica desde el individuo hacia la sociedad [26]. Sin embargo; el acceso y disfrute de estos derechos no solo necesita comprensión y reconocimiento, necesita la materialización y garantías de los derechos para generar una sinergia que elimine las diferencias marcadas por geografía nacional, en donde varios profesores han dejado sus plazas por algún tipo de amenazas en consonancia con sus funciones como profesores.

Esta dinámica social conviene apuntar cuales son los horizontes anhelados en la formación del estudiante para la sociedad, situación que permite indagar si ¿se forma para el bienestar o para un modelo de desarrollo? Desde la teoría del ciudadano se esboza dichas problemáticas en torno a la formación ciudadana que se visualizan desde la organización actual y desde el marco curricular común planteado para este nivel, que repercute claro está en la forma de sociedad en la que convivimos. Y el acceso a la interconectividad [53].

Lo cual se reafirma, porque existen esfuerzos por aprehender sociedades diversas, pero interconectadas entre sí, se introduce el término de ciudadanía glocal que exige una atención consciente en dos vertientes: las acciones locales dentro de un territorio que impactan en nuestro entorno inmediato y su repercusión a nivel planetario. Esta doble dimensión interactuante es fundamental para comprender la economía, cultura, ecología y política en cualquier lugar del mundo [27].

### **3.3 Desde qué referentes pedagógicos se sustentan las propuestas educativas orientadas a la ciudadanía para la paz**

La construcción de propuestas educativas orientadas al fomento de la ciudadanía para la paz, están permeadas por dispositivos que, desde lo pedagógico, curricular y didáctico, buscan mediar la enseñabilidad de los contenidos, destrezas y valores que la hacen posible [36]. En ese orden de ideas es el constructivismo la base desde donde se asume las propuestas que se analizaron. Este, se deja ver como un referente pedagógico que lleva al estudiante a una reflexión activa, desde el ejercicio de su autonomía crítica [50], actuando de manera individual y colaborativa en la revisión de sus conocimientos, la construcción de nuevos conocimientos, manipulación y aplicación de lo aprendido, transferencia cercana y lejana de los conceptos, procesos y actitudes, y evaluación de los aprendizajes [30].

En ese sentido, es válido señalar que se resalta la importancia de contar con un talento humano-docente y directivo-docente con formación pedagógica y disciplinar que acompañe la construcción e implementación de las propuestas educativas orientadas a la construcción de la paz [33]. Esta misma situación, también hace presente la necesidad que, en estos actores de la comunidad educativa, se propicie, tal como sucede

con los estudiantes, el diálogo y la reflexión sobre la ciudadanía para la paz [35], reconociendo que como agentes sociales de manera directa o indirecta también han estado vinculados con el conflicto interno armado que ha vivido Colombia.

Bajo tal consideración, para promover la ciudadanía para la paz, se han implementado prácticas pedagógicas que promueven la indagación alrededor de problemas que atienden al ejercicio de los valores axiológicos que permean la convivencia [33], y el abordaje de temas coyunturales como el reconocimiento e importancia de los derechos humanos, el derecho internacional humanitario, la libertad, la participación en la construcción de la democracia y la seguridad ciudadana [34], entre otros. Estos ejercicios, han retomado propuestas como la pedagogía problémica desde la pregunta problémica y la conversación heurística. Y el aprendizaje basado en problemas, promoviendo la indagación desde el trabajo colaborativo.

De igual manera, se reconocen ejercicios orientados a la construcción de la memoria histórica, que son de gran valor para el estudio del conflicto interno armado y la construcción de una cultura de paz que acompañe el horizonte en el que se proyecta el país [30]. En ese sentido, la revisión documental, la investigación formativa de campo, el trabajo colaborativo y el diálogo a través de conversatorios en pequeños grupos y grandes grupos, han sido los principales dispositivos pedagógicos, desde donde se ha buscado retomar los hechos, dinamizar su análisis crítico y construir conocimientos que acompañen el ejercicio de la ciudadanía para la paz.

También, la intención de construir una ciudadanía para la paz desde el ámbito educativo, ha llevado a considerar la inclusión social, vista como un escenario de reconocimiento de la singularidad de los otros y la importancia de construir un país para todos [37]. En ese sentido, los talleres de reflexión, el estudio de caso, los juegos de roles y la simulación de casos, han sido estrategias pedagógicas empleadas para visibilizar el escenario de la inclusión social al estudiar el conflicto desde los actores, los hechos históricos, las prácticas de vulneración, la perspectiva de género y la construcción de un nuevo espacio de convivencia desde la diferencia.

Además, se puede reconocer la implementación de enseñanza situada, articulando el estudio de la ciudadanía para la paz con las situaciones del contexto, la coyuntura política, económica, social y cultural del presente [38], y la revisión de los hechos históricos, han llevado al desarrollo de prácticas de aula que hacen vivencial la formación de valores que fomenten una sana convivencia.

Finalmente, el aporte del estudio de los sentidos subjetivos, intersubjetivos, objetivos e interobjetivos que maestros formadores, maestros en formación y egresados han construido alrededor de la educación para paz y la construcción de ciudadanía en y desde las prácticas discursivas que circulan y se apropian en la formación de maestros en algunas facultades de educación y escuelas normales del departamento de Antioquia, quedan reflejados de manera general en los siguientes resultados y discusiones que emergen en el proceso investigativo. [42]

### **3.4 Cómo han aportado a la transformación de los contextos las propuestas orientadas a la construcción de una ciudadanía para la paz**

En el contexto colombiano la construcción ciudadana dentro de la dimensión social multicultural propone avanzar en la disminución de la desigualdad epistémica, cultural, acceso a espacios igualitarios partiendo de la dignidad humana y el respeto por el otro que hace posible mi existencia como individuo en la sociedad. Haciendo uso de la cátedra de la paz, teniendo como objetivo generar competencias interculturales para buscar respuestas a los problemas sociales arraigados por la falta de tolerancia y exclusión de ciertos grupos minorizados, en especial a las víctimas del conflicto arraigado por más de cinco décadas.

Dentro del marco de construcción de paz se aborda la memoria, incluyendo a la indiferencia, esta debe ser entendida como producto de la ausencia de memoria, es una forma de violencia posible por condiciones históricas, culturales, simbólicas y materiales que configuran una subjetividad indiferente. De lo anterior, surgen varias lecturas del proceso de inclusión a la cátedra de la paz en los currículos escolares, un sector piensa que la escuela no es totalmente inclusiva y que su modelo debe atender a la colaboración

comunitaria, otro sector infiere que deben fortalecerse las capacidades de los estudiantes para fomentar las competencias interculturales.

Bajo esta dicotomía hay diferentes perspectivas de alcanzar la transformación social por medio de la educación; sin embargo, debe generarse un consenso para lograr el establecimiento de la ciudadanía global, con el fin de no analizar el problema de forma endógena sino universal. Para esto se debe tener una sinergia del punto de intersección de la ciudadanía para la paz y la ciudadanía global, todo el desarrollo del proceso se da cuando se hace énfasis de la educación basada en promover la tolerancia y la cultura de paz por medio de la educación como pilar para el desarrollo sostenible de las sociedades. Puesto no puede brindarse garantías en la transformación social sino se parte de este objetivo [58].

Todo ello va encaminado a implementar las garantías y acceso a la justicia como elemento determinante en la construcción de paz, establecido lo anterior, las propuestas en construcción de paz a través de la cátedra de la paz fomentan cambios y transformaciones sociales en la dinámica social y educativa. Para lo cual se enseñan ciertos resultados:

Desde una perspectiva positiva de la implementación de la cátedra genera un esfuerzo colectivo en los miembros de la comunidad educativa partiendo en el fortalecimiento de la dignidad humana como centro de los derechos humanos y del tejido social deteriorado, cuestionando la forma de como la injusticia y las condiciones que producen la violencia generan detrimento de manera colectiva. Lo cual hace parte de la memoria histórica social que no debe ser vista con indiferencia pues está en si misma es violenta.

De esta manera, la construcción de esta nueva ciudadanía es un proceso integral que ha demandado profesores con el manejo de la dimensión emocional, proponiendo una solución dialogada que abarca a la naturaleza y lo social, propiciando un reencuentro con el entorno deteriorado, protegiendo los mínimos vitales de supervivencia humana, es decir, abarca la sique y lo emocional profundo del ser humano. Y como esta se reproduce en lo colectivo social, familiar, educativo e interpersonal.

En consecuencia de lo indicado, el horizonte de los valores de intercambio, la discusión y de convivir con el otro, día a día en una comunión de sentimientos, de saberes, de alegrías ruidos y acuerdos que, irrumpen en la necesidad configuradora de la participación ciudadana desde la modelación de un proceso educativo que envuelva a los actores socioeducativos, porque estos generan la pronta atención y respuesta inmediata para brindar la atención debida a la integridad y a los bienes tanto públicos como privados [28].

La consolidación del nuevo ciudadano presenta obstáculos, si, existen factores de discriminación étnica e interculturales, para ello se utiliza la acogida del otro desde la diversidad apoyados en programas de pedagogía y didácticas que comprendan al ser como base para el desarrollo humano. Con base en esta realidad, opera por parte de los profesores la construcción del ciudadano político como iguales teniendo como referente los objetivos de la cátedra de la paz, creando condiciones reales que la posibiliten [14].

Teniendo claro que todos los estándares se enmarcan la disminución de todo tipo de violencia; sin embargo, una problemática en su aplicación es generar un ciudadano para la democracia visto esto interculturalmente. En donde juega un papel predominante la lengua materna, así las experiencias significativas nutren la tolerancia, el respeto y la tolerancia en los contextos académicos, sociales y de prevención en casos que exista violencia intrafamiliar por escenarios conexos a la violencia.

En particular, la cuestión espacial, que se visibiliza tanto en la arquitectura propia de la institución educativa como en la propuesta educativa, no ha generado una formación que conduzca a una relación consciente sobre el territorio y su papel en la vida personal y social, ni sobre las estrechas relaciones que se suscitan entre el modelo de desarrollo y el territorio que conducen a una participación más efectiva de las comunidades en los ordenamientos territoriales. Y pensadas desde sus sistemas de conocimientos como es el caso de la población minorizada en Colombia.

En las actuales circunstancias del mundo rural colombiano, sería deseable que la escuela revisara sus referentes espaciales y, en atención a los desafíos que la situación de posconflicto genera, participe en el

proceso de reconstitución de los vínculos comunidad rural-territorio, generando procesos de reconocimiento, apropiación y consolidación de nuevos y renovados ordenamientos espaciales, ecológicos y productivos que movilicen la participación comunitaria. Enfatizando que práctica pedagógica crítica se convierte en estrategia para comprender la construcción de ciudadanía y pensar en una educación desde y para la paz.

Es por ello que el diálogo y las didácticas realizadas por los profesores juega un papel importante para resignificar la paz, el diálogo desde este punto de vista es central para comprender las necesidades de los otros, los ejercicios de la tolerancia permean estas metodologías indagando cual es el sentir del otro desde su realidad y vulneraciones. Enriqueciendo un escenario de justicia social desde las bases sociales y de los micro territorios.

Dentro de las transformaciones sociales emergen los beneficios en el acceso y apropiación de tecnología, y en valores derivados de procesos colaborativos llevados a cabo por los estudiantes para fortalecerse como colectivo social. Por medio del uso de las TIC se desarrollan capacidades de producción de contenidos y narrativas fotográficas, audiovisuales y sonoras que puedan proponer espacios radiales en emisoras comunitarias existentes en el territorio y consolidar sus propios medios de difusión y promoción, aprovechando las plataformas digitales y las redes sociales para narrarse como constructores de Paz.

Desde esta perspectiva, otras que conforman un primer corpus de contenidos, con los cuales la escuela busca narrarse y representarse como caso exitoso de construcción de paz en la región como una comunidad política de iguales, que resalta la dignidad humana y derecho a tomar sus decisiones que orienten su vida, se construye permanentemente dentro de un marco social cultural.

La escuela debe ser inclusiva y participativa tanto en su modelo pedagógico como de gestión. Debe generar un clima de seguridad, de confianza, de apoyo mutuo, de esta manera los que se presenten tendrán más posibilidades de ser resuelto de forma participativa en este contexto de democracia y colaboración comunitaria.

Teniendo de referente que el ciudadano actual indaga por medios digitales e indaga si la metodología y estrategias didácticas llenaban sus expectativas en el marco de las desigualdades al acceso de calidad en la educación. Las construcciones de los marcos curriculares deben abordar no solamente 1) la no violencia para construir una cultura y educación de paz, aplicada al entorno social; 2) equidad en la educación y, 3) Ética Digital e integridad académico-laboral. Sino al ciudadano intercultural conectado con los valores propios de su entorno, para así disminuir la brecha de las desigualdades epistémicas y las lógicas que operan distantes a sus realidades.

Acorde con lo anterior, las bibliotecas pueden ser uno de los escenarios en donde se cultivan los procesos de participación en torno al desarrollo local y territorial de las comunidades, lo cual implica el reconocimiento de las identidades culturales, la construcción social de la información, el diseño participativo de servicios y la evaluación colectiva [10].

La construcción social se apoya en algunos estudios la práctica de actividad física y el ejercicio actúan como un factor protector lo que ayuda a mejorar la autoestima y a potencializar las relaciones que se construyen con los distintos actores sociales, lo que permite obtener beneficios que van desde lo físico hasta lo emocional [29].

#### **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Las implicaciones de la ciudadanía para la paz en el posconflicto hacen necesario la formación para la ciudadanía mundial activa, crítica y comprometida, debido a que se construye en un proceso constante de formación y aprendizaje en el que la participación activa es un elemento fundamental. En el proceso de construcción de una sociedad intercultural todos y todas debemos ser protagonistas [39]. Lo que permite develar aspectos propios de los individuos que se forman con pertenencia y vínculos con los territorios.

La ciudadanía para la paz, se encuentra interconectada con los derechos humanos. Por consiguiente, la educación para la paz y los derechos humanos alcanzan su sentido mediante la programación e implementación de acciones que recurren a la participación de los estudiantes en la praxis educativa, con la intención de asumir un rol de agentes de cambio en los diferentes contextos y comunidades donde habitan.

Enfatizando que la paz es una construcción colectiva que camina de la mano junto con la democracia, para la edificación de una sociedad con un apropiado grado de madurez que posibilite lograr el desarrollo humano de sus ciudadanos y garantizar el respeto de los derechos humanos. Sin embargo, este proceso debería ser respaldado por el trabajo formativo de la educación como política social [40].

En virtud de lo anterior, los referentes teóricos que fundamentan la ciudadanía para la paz estudian cómo se encuentra en concreto la escuela rural, frente a los desafíos mencionados, proponer una educación para la vida; es decir, una educación que asuma, de manera especial, la tarea de ir más allá de los conceptos y los tópicos tradicionales con los cuales han trabajado el espacio, y proceder a la revisión y vinculación de las nuevas nociones y sentidos de este referente, así como a destacar su importancia y valor en la vida humana y el desarrollo social [13].

La paz es vista como un elemento intrínseco de vida para el sujeto y por lo cual una forma de representar su ciudadanía real, esto va ligado a lo intra del ser humano, es decir, a su dignidad, a como persigue la paz como libertad, en lugares que se ha desplazado su ciudadanía como derecho por ser víctima directa o indirecta del conflicto armado.

La suma de los anteriores factores devela diversos referentes pedagógicos que sustentan las propuestas educativas orientadas a la ciudadanía para la paz, por ejemplo, los sentidos de las prácticas discursivas en la formación de maestros y maestras, se encuentran articulados en cuatro perspectivas: subjetiva, objetiva, intersubjetiva e interobjetiva [41]. Se resalta que el reconocimiento de la diversidad y los procesos de inclusión se ha tornado en un sentido objetivo a través de los cursos que existen en las mallas curriculares: diversidad, pedagogías alternativas, las prácticas pedagógicas con familia y comunidad, poblaciones y los proyectos integrativos e investigativos, entre otras.

Por último, los aportes a la transformación de los contextos realizados por las propuestas orientadas a la construcción de una ciudadanía para la paz parten de la interacción con los territorios, estudios de los niveles de tolerancia de la violencia bajo sus diferentes tipologías, en lo que involucra un estudio pormenorizado de la salud mental en los territorios afectados por la violencias, la reconstrucción de la memoria histórica haciendo uso de las tics, de la radio, de la construcción de la información desde el territorio. En donde se hace necesario la integración a través de lo lúdico, y demás expresiones del arte, teniendo como resultado un ser humano capaz de resolver los conflictos sin el uso de la violencia.

Procurando con estas acciones el cuidado de sí, su entorno, la construcción del otro, la construcción colectiva con los otros, y la resignificación de la unidad territorial donde el ser hace parte y no es dueño. Es decir, volver a comunicarse con los saberes de la naturaleza, cuidándola, preservándola, sembrándola, sanándola.

## **5. CONCLUSIONES**

El escenario de las propuestas educativas orientadas al fomento de una ciudadanía para la paz invita la interacción e interrelación de elementos de la psique humana, por ello es necesario ser consciente de su realidad, de su nivel de tolerancia en el marco de acciones violentas conectadas directa o indirectamente al posconflicto.

A partir de esta realidad los profesores deben de tener reafirmada los valores de la tolerancia, el respeto, desarrolladas las capacidades resiliencia, resistencia, empatía como elementos claves de la salud mental en el entorno escolar por los efectos propios de la reconstrucción de la memoria histórica, especialmente en



territorios que han vivido desplazamientos forzados. En donde los territorios, la cultura, y las formas de aprehensión de la realidad es diferente debido a la multiculturalidad de nuestro país.

Ello evidencia la necesidad de nuevas investigaciones y la comunicación de estas a las demás instituciones que constitucionalmente son garante de los derechos fundamentales y derechos humanos, dejando lo anterior como propuesta la consolidación de la ciudadanía intercultural para la democracia por y para la paz que incluye la naturaleza.

Y los saberes anidados en las minorías étnicas, hecho que coloca a dialogar la construcción de los proyectos educativos institucionales con los proyectos educativos comunitarios, de orden regional, nacional e internacional.

## REFERENCIAS

- [1] Morales P. (2020). Educación ciudadana para la convivencia democrática y la interculturalidad en educación inicial. *Revista de estudios en educación* 3(4), 69-96.
- [2] Acevedo B. y Báez L. (2023). Tolerancia: Una mirada al acuerdo de paz. *Revista Guillermo de Ockham* 21(2), 591-605.
- [3] Acosta F. y Villalba A. (2022). Educación para la paz como mecanismo de convivencia ciudadana. *Revista Honoris Causa* 14 (2) 7-27.
- [4] García J. (2020). Implementación de los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial y construcción de paz territorial en Colombia: Avances y desafíos. *Revista de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas* 50(133), 454-481.
- [5] Barros D. y Lastre G. (2020). Cultura de paz y formación ciudadana como bases de la educación en Colombia. *Utopía y praxis latinoamericana* 25(11), 285-299.
- [6] Gómez M. et al. (2021). La educación ciudadana como dimensión del proceso de enseñanza aprendizaje en la formación de profesionales en Cuba. *Revista Conrado* 18(84), 365-370.
- [7] Pérez J. y Peñaranda L. (2019). El juego como estrategia didáctica para el fortalecimiento de las competencias ciudadanas en la construcción de la paz, en los estudiantes de quinto grado de básica primaria, a través del juego popular denominado la vuelta a Colombia. *Eco matemático* 10(2), 47-53.
- [8] Sánchez A. et al. (2019). Cohesión social y participación escolar en estudiantes de educación básica y media de San Pedro de la Paz. *Perfiles Educativos* 23(165), 114-130.
- [9] Quiceno F. et al. (2020). La enseñanza en ciudadanía: Nuevas exigencias para la escuela. *Sophia* 16(1), 65-75.
- [10] Aguilar N. et al. (2023). La construcción de ciudadanía mundial en bibliotecas rurales: Una sistematización de dos experiencias en Colombia. *Información, cultura y sociedad* 48.
- [11] Toro K. et al. (2021). La cátedra de la paz como eje de desarrollo social de cara al posconflicto. *Estudios Pedagógicos* 65(1), 355-370.
- [12] Cossio D. e Hincapié A. (2021). Construcción de paz y ciudadanía. Entre la indiferencia y la memoria. *Perseitas* 9, 98-119.
- [13] Vera N. (2019). Escuela rural y territorio: una construcción para la paz. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* 49(1), 293-314.
- [14] Gómez F. et al. (2022). Construcción de paz, tecnologías de la información y ciudadanías creativas: El caso de la escuela audiovisual caminos de paz en Cauca (Colombia). *Investigación & desarrollo* 30(1), 87-108.
- [15] Tolosa M. y Bayona A. (2019). La unidad policial para la edificación de la paz y su modelo organizacional para la construcción de paz en Colombia. *Logos Ciencia & Tecnología* 11(3).
- [16] Toro C. et al. (2022). La escuela: Construcción de paz, potencial de memoria y socialización política con primera infancia. *Revista Colombiana de Educación* 84, e207.
- [17] Echeita G. (2019). A la espera de un fructífero cruce de caminos entre quienes hoy circulan en paralelo por los caminos educativos de la equidad, la justicia social, la inclusión, la convivencia, la cultura de paz o la ciudadanía global. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social* 8(2).
- [18] Murcia C. et al. (2020). La participación ciudadana, factor asociado al desarrollo del turismo sostenible: Caso ciudad de Ibagué (Colombia). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 40(1), 135-158.
- [19] Hernández R. et al. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
- [20] Tamayo M. (2011). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.
- [21] Cardozo A. et al. (2020). Construcción de paz y ciudadanía en la Educación Secundaria y Media en Colombia. *Educação e Pesquisa* 46, e214753.
- [22] Gómez J. (2019). La educación para la paz: Contribuciones para un estado del arte. *Cambios y Permanencias* 10(1), 500-539.
- [23] Rincón H. et al. (2020). Impacto de la Cátedra de la Paz sobre los resultados del componente «sociales y ciudadanía» en las pruebas Saber 11 de los años 2015 y 2016 en Colombia. *Revista Espacios* 41(09), 1-9.
- [24] Mateus C. (2023). Resistencia de las escuelas en Colombia: Contribución a la paz en medio de la violencia. *Revista Colombiana de Sociología* 46(2).
- [25] García L. y López Y. (2022). Paz y ciudadanía a partir de la Cátedra de la Paz. *Revista Internacional de Humanidades* 11(3), 1-8.
- [26] Contreras J. et al. (2019). Paz, equidad, reconciliación y educación ciudadana: Los retos de la educación para una sociedad en posconflicto. *Revista Espacios* 40(33), 8-25.
- [27] Martínez X. y Dijk V. (2019). Formación ciudadana y construcción de paz con equidad. Retos actuales de la educación media superior. *Saberes y quehaceres del pedagogo* 29, 59-88.
- [28] Gutiérrez G. y Shavino N. (2021). Educación para la Seguridad Ciudadana. *Revista del postdoctorado de la Universidad Bicentenario de Aragua* 3(2), 1-17.
- [29] Nel P. et al. (2019). Docentes formadores para la paz, desde las prácticas pedagógicas. *Revista de Alesde* 10(1), 92-100.

- [30] Monterrosa N. (2020). Competencias ciudadanas: Ejes presentes en el sector estudiantil colombiano. *Telos* 22(2), 376-386.
- [31] Tangarife D. et al. (2021). Plataforma interactiva para la educación y el fortalecimiento de la paz: PazRed. *Información tecnológica* 32(3), 101-112.
- [32] Pinho M. (2020). La educación para la paz en las instituciones escolares. Consideraciones al contexto venezolano. *Ciencia e Interculturalidad* 27(02), 42-51.
- [33] Baumgartner A. (2020). Formación de competencias ciudadanas de magistrantes en educación a través de la intervención de un currículo con una estrategia blended-learning. *Revista Internacional de Aprendizaje en la Educación Superior* 7(2), 47-57.
- [34] Gutiérrez G. y Schavino N. (2021). Educación para la Seguridad Ciudadana. *PostdoctUBA* 3(2).
- [35] Díaz R. et al. (2023). Formación docente en competencias ciudadanas globales: Una revisión sistemática de literatura. *Sinéctica* (60).
- [36] Carreño M. y Rozo H. (2020). Estrategias para desarrollar la convivencia y la paz desde la educación. *Academia y Virtualidad* 13(2), 35-56.
- [37] García M. et al (2020). Educación social escolar en la construcción de cultura y educación para la paz: Propuestas metodológicas de intervención socioeducativa. *Campos en Ciencias Sociales* 8(2), 47-71.
- [38] López J. (2023). Construir la Cosmópolis para formar la ciudadanía planetaria. *Sinéctica* (60).
- [39] Hernández E. et al (2022). Formación para la ciudadanía mundial activa, crítica y comprometida: Una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7(1), 5526-5546.
- [40] Paz E. et al. (2019). Educación para la paz: una mirada desde la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. *Innovación educativa* 19(79), 171-195.
- [41] Manco S. et al. (2019). Sentidos de las prácticas discursivas en la formación de maestros en clave de educación para la paz y construcción de ciudadanía. *Revista Lasallista de Investigación* 16(2), 223-238.
- [42] Senes F. y Ricciulli D. (2019). La publicidad social como herramienta para la construcción de ciudadanía. *Razón Crítica* (6), 183-199.
- [43] Agudelo J. et al. (2019). Maestros gestores de diálogo y pensamiento crítico: Una oportunidad para construir paz en el aula. *Plumilla Educativa* 23(1), 45-67.
- [44] Martínez X. y Van S. (2020). Formación ciudadana y construcción de paz con equidad: Retos actuales de la educación media superior. *RPP* (29).
- [45] González P. et al. (2020). Mecanismos alternativos en la solución de conflictos para la construcción de una cultura de paz. *Revista Ciencias de la Documentación*, 15-23.
- [46] Moreira D. et al. (2019). Desarrollo de un modelo de promoción de ciudadanía y convivencia para una cultura de paz. *Revista de Cultura de Paz* 3, 299-315.
- [47] Dueñas F. et al. (2022). Cátedra de paz, comunicación y Universidad: Análisis comparativo. *Revista Internacional de Cultura Visual* 12(5), 1-14.
- [48] Díaz M. y Rojas N. (2019). Educación para la ciudadanía en el posacuerdo. *Revista eleuthera* 20, 13-34.
- [49] Acevedo A. y Botero A. (2023). Tolerancia: Una mirada al acuerdo de paz. *Revista Guillermo de Ockham* 21(2), 591-605.
- [50] Rojas V. et al. (2023). Desarrollo del pensamiento multidimensional para la construcción de una ciudadanía creativa. *Childhood & Philosophy* 19.
- [51] Venet R. (2019). La formación ciudadana en el contexto universitario. Una mirada axiológico-cultural desde la educación para la paz y la no violencia. *Conrado* 15(70), 435-443.
- [52] Montaña D. y López Á. (2021). Competencias ciudadanas y sus políticas educativas en Hispanoamérica y Colombia. *Revista Habitus: Semilleros de investigación* 1(1), e13316.
- [53] Gómez A. (2021). Formación ciudadana en Colombia: Balance de la cuestión, retos y tensiones. *Praxis* 17(1), 99-110.
- [54] Cervera P. y Ramos M. (2021). Paz y ciudadanía en las nuevas generaciones: caso institución educativa ciudad de Tunja. *Revista Palobra, Palabra Que Obra* 21(1), 174-185.
- [55] Gutiérrez G. y Schavino N. (2021). Educación para la Seguridad Ciudadana. *PostdoctUBA* 3(2).
- [56] Velásquez S. y Rueda J. (2020). Estudiantes que Narran: Violencias, Ciudadanía y Paz. *Revista Kavilando* 12(1), 251-264.
- [57] Contreras C. et al. (2021). Educación Ciudadana y proceso de construcción del posacuerdo en Colombia: Una propuesta desde la universidad. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales* 12(2), 588-610.
- [58] Parra C. et al. (2021). Big data, educación y post-acuerdo. cultura de paz en redes sociales. *Publicaciones e Investigación* 14(3).

# El ecosistema emocional en una educación para la vida

Delia Liset López Valencia<sup>1</sup>

*Universidad Metropolitana de Educación Ciencia y Tecnología, Panamá*

El Ecosistema Emocional es un aporte de la educación para la vida que se preocupa por formar un ciudadano integral, productivo, feliz y emocionalmente equilibrado. Se instaura en la profundidad del ser interior del niño y tiene como fundamento la exploración, el conocimiento y la gestión de las emociones propias, de forma simultánea con la valoración y el reconocimiento de las ajenas. La biodiversidad, el uso de catalizadores, el entendimiento de las particularidades y características de cada ecosistema son ámbitos categoriales que se proponen como parte del corpus teórico en este capítulo de reflexión, para contribuir con nuevas comprensiones acerca de la pertinencia educativa y social que tiene para el estudiante de hoy mantener sus energías, sinergias y contagios emocionales, en un estado de homeostasis que le proporcionan bienestar equilibrio y sostenibilidad.

---

<sup>1</sup> Licenciada en Educación Ambiental, Magíster en Educación y Estudiante de Doctorado en Ciencias de la Educación. Contacto: [delialopez@umecit.edu.pa](mailto:delialopez@umecit.edu.pa)

## 1. INTRODUCCIÓN

Proponer el concepto de Ecosistema Emocional EE, es un aporte teórico a la reflexión crítica sobre una educación de calidad y pertinente, que tiene como finalidad preparar al ciudadano del siglo XXI para que afronte un proyecto vital, pleno, productivo y feliz. En su concepción original tomada de las ciencias naturales y la ecología, Tansley lo define como el constante intercambio entre organismos y de estos a su vez con su parte inorgánica [1], desde ahí se transpola a disciplinas como la administración, la comunicación, la tecnología, entre otras; que forman parte del amplio universo de conocimiento que éste potencializa.

En este capítulo se plantea con base en un ejercicio de contextualización en la ciencia educativa y en particular, en áreas del saber cómo la pedagogía y el desarrollo sostenible.

La teoría propuesta, retoma elementos conceptuales de la ecología emocional [2] y del pensamiento complejo [3 y otros]. El método para construir el corpus teórico está basado en los elementos de la investigación documental [4], con el uso de fichas bibliográficas como instrumento para recolectar los datos obtenidos [5] y el análisis de contenido en calidad de estrategia para su procesamiento e interpretación. Se enriquecen los planteamientos con algunas contribuciones tomadas de una investigación en desarrollo a nivel de tesis doctoral, realizada para la Universidad Metropolitana de Educación Ciencia y Tecnología UMECIT, implementada en el área rural de la ciudad de Manizales, Colombia, que forma parte de la unidad de análisis, con la participación de niños entre 7 y 10 años de edad.

La primera categoría de análisis, explica el concepto de EE como la unidad subjetiva, biodiversa y diferenciada, que orienta el desarrollo emocional del niño en su ser interior, que busca permanentemente el equilibrio y la sostenibilidad para armonizarlo con su exterioridad eco-sistémica y emocional. El segundo ámbito categorial establece sus particularidades con base en el despliegue argumentativo de 4 subcategorías: Diversidad en sus formas de clasificación, Flujo constante de energías y sinergias, Intercambio de reacciones emocionales y Tendencia a la autorrealización emocional. Lo importante en este punto, es reconocer que éste presenta dinámicas, trayectorias y mecanismos de funcionamiento, basados en el intercambio, la gestión y el manejo de emociones básicas como la alegría, la tristeza, la ira y el miedo; que están en el entramado psicoecoafectivo [2] del aula de clases, asumida como la comunidad emocional [6], que sirve de hábitat a toda la unidad eco-sistémica.

La tercera categoría, Biodiversidad emocional, es pertinente para comprender que cada niño es dueño de un mundo emotivo, autónomo y auto-determinado, que presenta un comportamiento similar al de la naturaleza, en el que cada emoción, con sus manifestaciones se asemeja a la flora, la fauna, los recursos naturales y demás componentes bióticos y abióticos que son heterogéneos y diferentes. La fundamentación teórica de este tópico se efectúa con base en las siguientes subcategorías: Los espacios intra e interpersonales del yo y de los otros, Interacciones personales, cognitivas y afectivas, La heterogeneidad y la pluralidad de las emociones y La psicoecoafectividad en los Ecosistemas Emocionales.

Lo relevante de esta reflexión, es reconocer que los elementos emocionales biodiversos, determinan la relación que se da entre el mundo interior del estudiante con los complejos entornos de realidad que los configuran, para generar las condiciones y las estrategias pedagógicas que los preparen y capaciten, en el dominio de dicho microcosmos para alcanzar la autorrealización como una de las principales metas de su existencia.

La última categoría, explica lo relacionado con los catalizadores emocionales que son conceptos, prácticas pedagógicas, estrategias metodológicas y otras ideas innovadoras que el profesor como emopedagogo [7], incrementa para desacelerar o modificar ciertas reacciones que enfrían, calientan, desertizan, erosionan, deterioran o amenazan el equilibrio de los ecosistemas. Se trata de comportamientos que en cada niño expresan estados emocionales de un modo diferenciado, que se aborda desde tres subcategorías: Autoconocimiento de las emociones, Autorregulación y Contagio emocional.

El valor agregado del análisis que se aporta en este ámbito categorial, radica en mostrar que, en el aula de clases, el clima emocional se mejora o se deteriora, dependiendo de la manera como se gestionen las

herramientas que catalizan las sinergias y los intercambios; aunque se recomienda utilizar aquellos que producen contagio positivo, empatía y transferencia de energía emocional de alto poder transformador.

La figura del emopedagogo se retoma de la pedagogía de las emociones [7], hace alusión al papel de un maestro comprometido con el desarrollo emotivo de sus estudiantes, que entiende la importancia que para estos tienen ecosistemas equilibrados y armónicos, en la prevención de riesgos psicosociales que pueden afectar su salud mental y la convivencia pacífica en el aula. Además, resalta su labor como motivador de reacciones emocionales constructivas, que, en algunas circunstancias, le plantean el desafío de aplicar los primeros auxilios emocionales [8] cuando detecta en los niños señales de peligro inminente.

## **2. CONCEPTUALIZACIÓN DE ECOSISTEMA EMOCIONAL**

Se define como una unidad que integra lo racional y lo emocional, cimentada en la subjetividad de los niños, impactada por distintos catalizadores que interactúan dentro del ambiente escolar. Su lugar de habitación es el Kairós, una especie de lugar donde suceden cosas, que para los griegos representaba el instante fugaz donde algo importante acontece, como oportunidad favorable para modificar el destino del hombre [9]. Los EE, se instalan en estos entornos que son fundamentalmente humanos y que generan en el estudiante las posibilidades de interacción consigo mismo, los compañeros, los profesores, el medio natural y social, que determina el desarrollo de las instituciones educativas. El concepto, en la práctica pedagógica, permite descubrir y conocer su mundo emocional, interacciones, comportamientos, factores de riesgo e incluso conflictos derivados de las dinámicas y sinergias de los intercambios bioenergéticos de su contexto.

El EE se entiende desde su potencialidad para reconstruir las tramas emocionales y psicoecoafectivas [2] que constituyen los tejidos del microcosmos existencial de los niños, que para [10] trasciende la inmediatez. Se refiere a lo que forma parte de su plan de vida, en pleno proceso de construcción y completitud. Se hace visible como un universo de simbologías, significados, redes de comunicación, habilidades, actitudes y disposiciones que se expresa en emociones básicas como alegría, tristeza, ira y miedo. Es una unidad fundamental auto-reconocida, auto-determinada y singular, que coexiste en un espacio asimétrico y heterogéneo, en el que la biodiversidad emocional es el rasgo más característico y diferenciador. La búsqueda del equilibrio entre el mundo interior y exterior desde el punto de vista eco-sistémico [2], es otro factor que permite definirlo para comprender su complejidad en el marco de la sostenibilidad como principio que guía el desarrollo del continente emocional del estudiante [11].

## **3. PARTICULARIDADES DEL ECOSISTEMA EMOCIONAL**

Esta categoría explica las características que diferencian y particularizan los EE como unidades integradas, holísticas e interdependientes, que funcionan en base a una dinámica propia, dependiendo de las respuestas individuales, las condiciones y estímulos de cada contexto de interacción. Las subcategorías que permiten la argumentación, comienzan por definir la diversidad para clasificarlos, con el fin de comprender como se da el flujo constante de energías y sinergias en el intercambio de las reacciones emocionales. Estos aspectos son fundamentales para explicar, de qué modo la autorrealización emocional integra sistémicamente dichos rasgos, en función de aportar a la preparación de los estudiantes para vivir armónica y sosteniblemente su vida emocional.

### **3.1 Diversidad en sus formas de clasificación**

El primer grupo al que se hace referencia, se denomina EE lénticos, semejantes a cuerpos de agua cerrados con la tendencia a mantenerse en un mismo espacio, sin la propiedad de moverse, correr o fluir. El comportamiento de estos, se caracteriza por una fuerte inclinación a cerrarse para evitar la interacción con otros que no están dentro de su esfera de afinidad, es decir, en algunos niños se observa que mantienen una constante de relacionamiento con los mismos compañeros que empatizan emocionalmente [12] y evitan cualquier tipo de vínculo con aquellos que no forman parte de su círculo de amistad. Estos plantean como su principal necesidad la de fortalecer habilidades para relacionarse empáticamente, cooperar, mostrar afecto sin condicionamiento, establecer lazos de subjetividad interactiva y aceptar que existen otras personas emocionalmente distintas.

Un segundo modo de clasificación, incluye los EE desérticos, que son áridos, secos y amenazados por la indiferencia emocional; actitud que desde lo pedagógico es un factor desequilibrante y que puede incidir en el deterioro de la salud mental, bienestar y felicidad de los estudiantes [13], la desertización es un signo preocupante en aquellos que han tenido experiencias emotivas desagradables, que impactan negativamente su desarrollo personal y social. Estos se caracterizan por una manifestación emocional apática, escasa y que no favorece una fluidez de sus sentimientos. Es muy importante que el educador determine y reconozca este tipo de ecosistema en sus estudiantes, para ayudarlos a través de una estrategia de alfabetización emocional que los sensibilice hacia la valoración de las emociones propias y ajenas, para que la sequía y la aridez sea sustituida por apertura, fecundidad expresiva y calor humano.

El tercer grupo se denomina EE erosionados, que muestran desgaste, deterioro y resquebrajamiento de la dimensión psicoecoafectiva. El niño por lo general manifiesta desequilibrios que afectan su convivencia y la gestión de relaciones próximas con sus compañeros [14], basadas en la tolerancia y el respeto. La hostilidad y la intolerancia son dos particularidades que marcan la tendencia erosiva y que produce una inestabilidad constante. Están impactados por circunstancias externas que lesionan su dignidad como persona, tales como el abandono, el abuso, el matoneo, el maltrato, entre otros. Pueden recuperarse mediante el uso continuo de estrategias y catalizadores energéticos, que apunten a fortalecer la autoestima y la autorregulación, como factores que generan actitudes de reconocimiento y respeto por la diferencia en el amplio marco de la tolerancia.

El cuarto grupo designa los ecosistemas en equilibrio, que son altamente deseados, porque responden a la necesidad de lograr o de contribuir con la formación de un estudiante que se ocupa de sí mismo, respeta el mundo emocional de los demás y encuentra caminos propios de autoconocimiento y autorregulación. La sostenibilidad es el principio garante del equilibrio que se traduce en habilidades para la escucha, resolución pacífica de problemas, el diálogo, la sabiduría personal además de otros catalizadores que le ayudan a descubrir su mundo emocional y el de los demás. Reconoce que sus emociones tienen un sonido propio, una tonalidad, un color, una forma de dibujarse, un modo de concebirse en su pensamiento; dichas especificidades están en el fondo de su corazón y en la singularidad de su ser.

### **3.2 Flujo constante de energías y sinergias**

El flujo constante de energías y sinergias emocionales, es otra de las características de los ecosistemas que favorece los vínculos, las interacciones y el movimiento permanente en cada uno de ellos y con las comunidades emocionales de las que forman parte. Implican una inter y retroacción continua [3], basada en un proceso que busca el equilibrio, en lo que, lo más importante, es lograr que cada unidad emocional se conozca así misma, mientras que simultáneamente explora y reconoce el mundo emotivo de los otros ecosistemas. *Estos dos retos, el de comprenderse a sí mismo y el de comprender a los demás, se unen a su vez en un movimiento de retroalimentación, es decir, que viven uno del otro* [15]. La interdependencia, es otro rasgo que determina la pertinencia de estas dinámicas, basadas en la transferencia de elementos emocionales que enriquecen la dimensión psicoecoafectiva de los mismos.

La energía emocional es el impulso vital que moviliza, motiva y sostiene los estados emocionales al interior y exterior de los ecosistemas, para adaptarse a las circunstancias cambiantes de los ambientes y condiciones [16]. Las crisis se presentan cuando estas se agotan, los estímulos internos y externos son débiles y los niños manifiestan en sus comportamientos, estrés, desánimo, irritabilidad, depresión, ausencias, aislamiento, dificultades para comunicarse con los demás, apatía e indiferencia. El estrés emocional es una carencia bastante grave que para [17] *inhibe el aprendizaje* y restringe el uso de las capacidades para crecer y avanzar en el desarrollo personal y social. El emopedagogo debe estar alerta ante este tipo de situación, para contribuir desde su rol en el diseño de estrategias de acompañamiento, para potencializar energéticamente a los estudiantes que manifiesten dichas insuficiencias.

La sinergia emocional, por su parte, es una forma de solidaridad que implica ayudar a otro ser vivo. Estas actuaciones son fundamentales para elevar el flujo energético, con el fin de equilibrar niveles eco-sistémicos en los niños y orientarlos en la solución de las dificultades, asociadas a los bajones que suelen presentarse dentro y fuera del aula de clase. Los intercambios sinérgicos positivos fortalecen estados de ánimo de alta

favorabilidad, que reduce la exposición a los riesgos psicoecoafectivos que pueden deteriorar la salud física, mental y emocional de los ecosistemas. Por lo tanto, otro de los retos para el emopedagogo es *crear entornos emocionalmente saludables que habiliten aprendizajes significativos* [18], a partir de los cuales, el clima de aula, favorezca las condiciones para retroalimentar el flujo constante de sinergias cargadas de positivismo, felicidad y solidaridad emotiva.

### 3.3 Intercambio de reacciones emocionales

En los EE se producen intercambios de reacciones diversas que se configuran de un modo distinto, según el contexto y el tipo de estímulos que las generan, pueden contener *cierta connotación negativa* [19], que suscitan efectos y alteran el equilibrio en las comunidades emocionales. En el estudiante se manifiestan de diferentes modos y circunstancias que pueden ser inapropiadas en el momento que surgen, pero esta misma instantaneidad muestra que se trata de actuaciones normales dentro de un contexto psicoecoafectivo, caracterizado por la pluralidad, la biodiversidad emocional, las dinámicas y el flujo constante de estados de ánimo. Son efímeras y no poseen un carácter de perdurabilidad, asoman como *arrebatos de emoción* [17] que afloran y desaparecen repentinamente.

Las reacciones negativas poseen una intensidad que las acentúa dependiendo del estímulo y del contexto; un niño se molesta y agrede al compañero que no le presta alguna de sus pertenencias, otro niño ignora la mala actitud y busca otro estudiante que le dé solución a su dificultad. Otra forma de reaccionar, tiene que ver con el modo correcto o incorrecto de expresar una emoción injustificada; el enojo es normal en este escenario, pero el silencio, la hostilidad el maltrato verbal o físico es injustificable. El tercer modo, no refiere a la intensidad ni tampoco a la forma de expresarla, se vincula directamente al hecho de manifestar una emoción que no tiene lugar en el momento y la situación particular, como el niño que llora y se angustia en extremo cuando alguno de sus padres no lo recoge a tiempo [19].

El emopedagogo cumple un papel importante en el fomento de reacciones emocionales basadas en la asertividad, la comunicación, el diálogo y el intercambio de sinergias, que configuren un ambiente de aula fecundo en estímulos, que refuercen las actitudes emocionales orientadas a la convivencia, la resolución pacífica de los conflictos y la solidaridad intersubjetiva [20]. La escuela como territorio de complejidades emotivas y las prácticas pedagógicas en calidad de factores, se combinan sinérgicamente y trabajan cooperativamente en función de sensibilizar en los estudiantes las capacidades para tolerar, compartir y manifestar reacciones constructivas que aporten al bienestar colectivo de la salud socio-afectiva de todos.

### 3.4 Tendencia a la autorrealización emocional

La vida eco-sistémica se basa en la tendencia a la autorrealización emocional, que es para el estudiante un elemento importante en la preparación para afrontar los retos que implica aprender a construir su plan de vida, el concepto conlleva necesariamente que este aprenda a experimentar de forma consciente sus emociones para vivir con asertividad los celos, la pena, el dolor, la furia destructiva, la confianza, el deseo intenso, el orgullo, el amor, la ternura o cualquiera de las emociones de las que el hombre es capaz [21]. Estos aspectos permiten reconocer que el movimiento hacia la autorrealización es la llave maestra que abre la mente, el corazón y la sensibilidad emocional. Un hombre auto-realizado emocionalmente [22] camina con seguridad hacia el estado de plenitud en su desarrollo, en el niño esta característica se hace mucho más importante, para que sus ecosistemas conserven el equilibrio y sean sostenibles.

La autorrealización emocional es dinámica y reconoce el valor agregado del despliegue expansivo del yo [23], como un elemento que ayuda a configurar las relaciones de mismidad y otredad, que se establecen en las comunidades emocionales. El concepto es pertinente para comprender que el yo auténtico se desenvuelve en el punto máximo de sus capacidades [24], para satisfacer sus intereses y motivaciones con el fin de avanzar hacia adelante, lograr las metas personales y vivir saludablemente con sigo mismo y con los demás. El niño que aprende a explorar y a conocer sus EE, adquiere conocimientos que le ayudan a trasegar con seguridad por la senda auto-realizadora, que es un aspecto formativo de enorme relevancia, para generar en él aprendizajes significativos que lo preparan eficientemente hacia una vida plena, productiva y satisfactoria.



## 4. BIODIVERSIDAD EMOCIONAL

La biodiversidad emocional es el microcosmos de vida heterogéneo que, en diálogo con la pluralidad, la singularidad, la mismidad y la otredad; permite reconocer los EE desde la autonomía del sujeto, en vínculo con la relación dinámica de las comunidades emocionales. Estas dos dimensiones permiten configurar los espacios intra e interpersonales del yo y de los otros, que determinan el carácter de las interacciones personales, cognitivas y afectivas, en el marco de la heterogeneidad y la pluralidad de las emociones. La psicoecoafectividad es el ámbito que favorece las manifestaciones de la biodiversidad, en su amplia gama de sentimientos, actitudes, capacidades, valores y aprendizajes.

### 4.1 Los espacios intra e interpersonales del yo y de los otros

En la conceptualización aportada, el juego de relación entre el yo y los otros se evidencia en las interacciones que cada EE establece con los otros, es decir, los estudiantes dentro del aula de clases conviven y comparten energías, sinergias y reacciones diversas. El nivel intra personal desde la teoría de las *inteligencias múltiples* [25], es la capacidad para entender y procesar las emociones propias, puesto que, se fundamenta en el autoconocimiento del caudal emotivo que circula en el espacio del yo individual. Por su parte, el nivel inter prepara para la interacción con los otros, a partir de una lectura de las emociones ajenas desde actitudes empáticas que posibilitan dichos relacionamientos.

Esta relación simbiótica entre el yo y el otro que remarca la existencia de la intra y la interemocionalidad, es comparable con el concepto de biocenosis [26], que determina el componente biótico de las interacciones que se dan dentro del EE y que muestra la coexistencia de sentimientos y emociones diversas. La convergencia de estos dos niveles en el niño es importante para aprender a gestionar desde su mismidad sus emociones, como un aspecto importante para explorar y comprender el mundo emotivo de sus compañeros. Es un proceso simultáneo de adquirir aprendizajes para avanzar en el equilibrio intrapersonal y aportar al desarrollo sostenible de las comunidades emocionales que forman parte de su complejidad eco-sistémica.

### 4.2 Interacciones personales, cognitivas y afectivas

El cerebro humano es racional y emocional [11], con potencialidades para alcanzar desarrollos cognitivos de alto impacto y que inciden favorablemente en la estructuración de la personalidad humana, esta aseveración es importante para explicar que, en el funcionamiento de los EE, las dinámicas intelectuales se producen en diálogo con aquellas que proceden de la dimensión psicoecoafectiva. Emerge un vínculo sinérgico entre cognición y emoción [27], que ejerce un impacto en la totalidad del ser humano y es fundamental, para que este alcance el éxito en la gestión del conocimiento, el desarrollo de aprendizajes para la vida y especialmente en el fortalecimiento de sus capacidades relacionales que lo ponen en contacto empático con el otro y los otros.

Las explicaciones neurocientíficas plantean que lo cognitivo y lo emocional tienen incluso una influencia fisiológica [27], que es responsable de respuestas y comportamientos que cada individuo manifiesta cuando entra en interacción con los demás y tiene que tomar decisiones para vivir y convivir en armonía. Los postulados de la inteligencia emocional son importantes para comprender que, en distintas circunstancias de relación con los otros, la persona debe poner en escena habilidades socioemocionales para actuar coherentemente y sin afectar los EE ajenos; es decir, el estudiante emocionalmente capaz, es aquel que decide con responsabilidad y entiende que la autorregulación y el autocontrol, son dos principios que le permiten establecer diálogos emocionales constructivos y catalizados favorablemente.

### 4.3 La heterogeneidad y la pluralidad de las emociones

En las instituciones educativas, los entornos eco-sistémicos son diversos, heterogéneos y plurales, muestran una policromía que expresa la diferencia entre los distintos EE, que están inmersos en este paisaje humano enriquecido por las diferencias individuales. Lo biodiverso es por naturaleza, un elemento que se instala en la profundidad psicoecoafectiva de una emocionalidad que fluye y se mueve intensamente en cada una de

las unidades sentipensantes [28] que forman parte de las comunidades, argumento que no permite atomizar los sistemas de referencia e interpretación sobre los cuales se valoran sus dimensiones, puesto que no evidencia en realidad como son las emociones, con su heterogeneidad permanente [29].

Los niños en el espacio eco-sistémico del aula: sonríen, lloran, se abrazan, gritan, saltan se expresan a través de su corporalidad, se asombran, guardan silencio o simplemente se sumergen en su intimidad cuando no quieren ningún tipo de contacto con los demás. Estas reacciones hacen visible la heterogeneidad y la pluralidad de resortes emocionales [30], conducen las interacciones y sinergias que se dan en sus ecosistemas, sacan a la luz que las poblaciones escolares son el resultado de la convergencia de procesos migratorios, de desplazamiento, de exclusión o de cualquier otro tipo de variables socioeconómicas o culturales, que profundizan las brechas entre los proyectos de vida y las prácticas educativas, que se dan en cada institución de forma singular y no estandarizada.

El emopedagogo forma parte de este escenario de diversidad emocional, es el responsable directo de que la heterogeneidad y la pluralidad se aproveche adecuadamente para catalizar los EE; es decir, templar cuando las emociones se calientan, elevar la temperatura en el momento de los enfriamientos, desacelerar el ímpetu de algunas reacciones negativas o sanar cuando interpreta que hay fisuras o resquebrajamientos que alteran la convivencia y la armonía en la diferencia. La relación que se establece entre lo plural, lo heterogéneo y lo diverso, representa la necesidad de generar estrategias pedagógicas que fortalezcan los ambientes del aula, para que el equilibrio interior del mundo emocional, se conecte en armonía con la complejidad del entorno del que forma parte [2].

#### **4.4 La psicoecoafectividad en los Ecosistemas Emocionales**

La psicoecoafectividad es una dimensión que une la diversidad de los elementos eco-sistémicos y permite integrar las singularidades que interviene en los procesos educativos, es decir, une el estudiante, el profesor, al padre de familia y a la institución en un territorio de complejidades e identidades. La armonía y la coherencia interna y externa son indicios de dicha dimensión [2], que está incidiendo constructivamente en el avance y el progreso emocional de los niños y en el desarrollo de su libertad como una puerta de ingreso a la autorrealización emocional. El emopedagogo permanece alerta y vigilante para actuar, cuando los elementos tóxicos y que contaminan aparecen de manera implícita o explícita, ya sea como una reacción negativa o un factor que genera conflicto y desunión.

En el origen etimológico el prefijo *psico* se hace referencia a la vida, al alma y a la mente [31], tres conceptos básicos para comprender que en ellos se descubre la profundidad ontológica del ser humano. El término Oikos alude a la casa y al hogar [32] que proporciona acogida y señala la importancia que para cada persona tiene sentirse protegido y bien recibido. La palabra afectivo, comporta el estado emotivo en el que sentimientos cálidos como el amor, la ternura, el apoyo y la solidaridad, se expresan de forma concreta en las interacciones sociales.

Las sinergias que se establecen entre estos tres significados, producen un clima de alta calidad e intensidad emopedagógico, para hacer circular contagios que enriquecen integralmente la vida de las unidades eco-sistémicas y agencian catalizadores energéticos de alto poder regenerador y restaurador de los daños causados por la basura emocional [2], que puede en determinado momento alterar el equilibrio y la armonía.

### **5. CATALIZADORES EMOCIONALES**

Los catalizadores emocionales favorecen las reacciones, que de diferentes modos se dan en cada EE, para generar en el niño comportamientos propios de cada emoción vivida en un momento y en una circunstancia específica. El punto de partida es entender que, el autoconocimiento de las emociones es el primer paso que el estudiante da hacia el logro de la catálisis que requiere, cuando manifiesta alguna de las emociones básicas para identificar el punto de autorregulación. El contagio emocional es finalmente un catalizador altamente recomendado, para crear estímulos constructivos que hagan sostenible y equilibrado el clima de aula, como elemento que asegura un ambiente sano, sinérgico, de elevado nivel relacional y comunicativo.

## 5.1 Autoconocimiento de las emociones

Auto-conocerse es una mediación individual que actúa como un catalizador, porque permite que el niño explore sus emociones con sinceridad y autocrítica, en el marco de 5 habilidades: autoestima, conciencia de las propias emociones, aprecio, bienestar y gratitud [33]. Ser consciente es fundamental para que adquiera responsabilidad de las actuaciones y de las decisiones que se toman, como parte de un proceso de interacción con el otro y los otros; dado que, esta capacidad favorece que el EE busque el equilibrio como una constante y el estudiante se apropie de lo que decide. Catalizar los estados emotivos reconoce el valor del conocimiento de sí mismo y en particular, del sentido autocrítico asumido como un juicio personal, que se expresa en una actitud con respecto a su propio ser [34] para establecer los límites y alcances de sus comportamientos.

Un niño puede incurrir en extremos y el comportamiento de sus ecosistemas producen reacciones que pueden ir desde la alegría y la efusividad hasta la tristeza, la inseguridad y el miedo; estos estados emotivos representan aceleración, calentamiento, aridez o congelamiento emocional; lo que implica el uso frecuente del autoconocimiento como el catalizador que modula dichas circunstancias, para estimular un estado de equilibrio emocional como un elemento que esclarece las intenciones; es decir, le muestra hasta qué punto una decisión propia afecta los resortes emocionales ajenos o contribuye en el mejoramiento. Modular es un término que en música alude al cambio de tonalidades, y frecuencias [35], para determinar la intensidad de los sonidos; traspolado al campo de la educación emocional, explica como el estudiante puede conocer su ecosistema para controlar sus reacciones en determinados contextos o estímulos.

El emopedagogo actúa como el director de la orquesta, que desde afuera ayuda a modular las tonalidades diversas de sus estudiantes, estimula motiva y favorece espacios para autorreflexión y autocrítica cuando emergen emociones relacionadas con la ira, el temor, el asco y otras que se configuran negativamente. Por otro lado, puede emitir un efecto potencializador, en el que la modulación favorece los comportamientos deseables derivados de la alegría, la empatía, la solidaridad, entre otros, que catalizan sinergias e intercambios altamente constructivos, que mejoran el clima de aula para fortalecer los vínculos psicoecoafectivos de la comunidad emocional.

## 5.2 Auto-regulación

La autorregulación cataliza las emociones en diferentes circunstancias, contextos y escenarios, puesto que se trata de una especie de conversación continua que libera al niño de la prisión en la que lo pueden encerrar ciertos sentimientos [36], esto significa que la emocionalidad busca puntos de equilibrio para que los EE estén en una constante tendencia a la sostenibilidad, sin que se desborden los instintos o las pasiones. Reír desaforadamente en un funeral es una expresión exagerada de la alegría, llorar descontroladamente ante situaciones que no lo ameritan o demostrar miedos injustificados, son ejemplos en los que se precisa catalizar el flujo energético auto-regulador de las emociones.

El autocontrol es un factor que fortalece la autorregulación como una capacidad [37]. En los EE desequilibrados es fácil pasar de una situación de calma y serenidad, a otra completamente distinta, en la que la intranquilidad y la exaltación se manifiestan como reacciones instantáneas. En algunos niños este tipo de cambios son fácilmente perceptibles, cuando se enfrentan a situaciones que para ellos no son de su agrado o simplemente no pueden controlar adecuadamente: tirar el cuaderno cuando no es capaz de hacer una tarea, mostrar enojo con los compañeros por comentarios irrelevantes o no asimilar la derrota en situaciones de juego. En estos casos el emopedagogo debe actuar prontamente y catalizar desde afuera, para conciliar, refrescar el ambiente y bajar la temperatura que se calienta exageradamente.

Los elementos auto-reguladores fortalecen la *capacidad de dirigir y manejar las emociones en forma eficaz, dando lugar a la homeostasis emocional y evitando respuestas poco adecuadas* [38]. Esta reflexión es útil para entender que el niño se convierte en el administrador de su ecosistema, el protagonista principal, para que en estos la armonía y la interacción sostenible sean dos características fundamentales que estimulan el autocontrol y la autodirección. Es importante para el emopedagogo conocer el momento justo en el que sus estudiantes alteran los niveles homeostáticos, porque de esto depende la intervención oportuna con

los denominados primeros auxilios emocionales para evitar que se generen conflictos que lesionen la integridad y la dignidad personal o de la comunidad.

### 5.3 Contagio emocional

Los EE son susceptibles al contagio a través del cual los niños y el educador intercambian emociones y estados de ánimo dado su efecto modificador [39]. Las actitudes y sentimientos que se contagian pueden ser positivos o negativos; puesto que, se trata de un proceso que se basa en la influencia que una persona ejerce en otra, porque el concepto contempla una perspectiva relacional e intersubjetiva [40]. Es un catalizador de alto poder y significación, que eleva las temperaturas de los ecosistemas cuando se enfrían, desaceleran las reacciones que están en un alto grado de intensidad y mejora la calidad del ambiente del aula, si se utiliza adecuadamente para compartir alegría, ánimo, motivación, solidaridad, respeto y sentimientos constructivos.

El poder del contagio emocional es inclusive terapéutico, sana las heridas y cura las huellas de la aridez, la erosión y la contaminación emocional de los EE. Sus efectos son igualitarios, es decir, configuran relaciones simétricas a través del emparejamiento de las conductas [41]. Los contagios constructivos son democráticos e incluyentes; además, transportan el goce y la lúdica de compartir la emocionalidad que mejora y sana; todo esto, porque contagiarse de emociones como la alegría, el afecto y la tolerancia; estimulan el florecimiento, la abundancia, la fertilidad y la sostenibilidad de los ecosistemas.

Los contagios constructivos, motivadores y positivos, catalizan las emociones que desequilibran la relación entre los estudiantes, dado que cada quien decide de que contagiarse, pero es mejor hacerlo con aquellas actitudes y sinergias que mejoran los climas emocionales [42]. El emopedagogo es importante para canalizar este tipo de contagios, actuar en calidad de medio que los ayuda a hacer circular, fundamentalmente en él está la capacidad de crear las estrategias que produzcan las situaciones y las circunstancias que, transversalmente y en todo momento de la actividad escolar, producen los estímulos y las sensaciones que los favorezcan.

## 6. CONCLUSIONES

Un EE es la unidad que integra los elementos racionales y emotivos, que se encuentran en la profundidad del ser y de la humanidad de los estudiantes, para favorecer el intercambio de sinergias con él mismo, sus compañeros, la naturaleza, la sociedad y la cultura. Le permite avanzar en la búsqueda del equilibrio de su mundo interior y exterior, para conocer las emociones propias y las ajenas, a través de interacciones y vínculos con otras unidades ecosistémicas que forman parte de las comunidades emocionales, en donde se inscriben las prácticas y dinámicas de aula.

Desde el punto de vista teórico, los EE se clasifican en cuatro grupos: los lenticos, que tienen una tendencia a conservarse sin ningún tipo de modificación aparente de los estados emotivos; los desérticos, que se caracterizan por su aridez y sequía; los erosionados, que presentan agrietamientos en la dimensión psicoecoafectiva y los equilibrados, que son altamente deseados porque se evidencian en la práctica las características de sostenibilidad emocional, que es importante en la gestión y manejo de las distintas reacciones que se dan ante diferentes estímulos internos o externos.

El flujo constante de energías y sinergias emocionales, es una característica que favorece el movimiento permanente el intercambio y el desarrollo de dinámicas que retroalimentan la vida de los EE. Los estudiantes establecen diferentes tipos de relaciones con los compañeros y el profesor, a través de las cuales se enriquecen su vida emotiva, aprenden a solucionar problemas derivados de la interacción en el aula y fortalecen algunas habilidades básicas para lograr una coexistencia armónica dentro de estas comunidades emocionales.

El contexto psicoecoafectivo del aula tiene como rasgo diferenciador la pluralidad, lo que determina una serie de reacciones emocionales que surgen en distintas circunstancias de intensidad, modos de expresión y condiciones de oportunidad. El emopedagogo desempeña un papel fundamental para orientarlas,

mediante el uso de estrategias basadas en el diálogo, la conciliación y la asertividad como elementos que las convierten en oportunidades para la mejora y el crecimiento personal y social.

La autorrealización emocional es una tendencia que caracteriza a los EE equilibrados y sostenibles, está fundamentada en la necesidad que el niño tiene de experimentar sus emociones en diferentes contextos, tanto de adversidad como de oportunidad, para lograr fortalecer las habilidades y capacidades que requiere en el proceso de construcción de su proyecto de vida. Un niño en el camino de la autorrealización, explora y conoce el mundo de sus propias emociones y simultáneamente aprende a valorar la emocionalidad de los compañeros; esto es muy importante para que encuentre puntos de equilibrio, que se requieren como parte del cumplimiento de las metas de formación y desarrollo integral.

La biodiversidad emocional es una categoría que tiene como punto de partida el reconocimiento de los espacios intra e interpersonales del yo y de los otros, el primer nivel corresponde a la habilidad para identificar y gestionar las emociones propias; mientras que el segundo, se refiere al proceso de interacción con los otros, con base en una lectura de las emociones ajenas. La coexistencia de sentimientos y emociones diversas se da como consecuencia de la biocenosis, entendida como una condición que dispone el componente biótico de las interacciones que se dan dentro del EE.

La biodiversidad se expresa en un conjunto de interacciones personales, cognitivas y afectivas, que vincula sinérgicamente el intelecto con los sentimientos, esta simbiosis ejerce un impacto en el ser humano como una totalidad que piensa, siente y actúa de manera integral y holística. Esta articulación es pertinente en el fortalecimiento de las competencias socioemocionales, los conocimientos y los aprendizajes que lo preparan para avanzar en la construcción de un plan de vida inspirado en la autorrealización como la meta principal.

Las emociones forman parte de un universo experiencial y relacional que es heterogéneo, plural y enmarcado en la diferencia como su rasgo más significativo. Las reacciones emocionales de los estudiantes son el resultado de dicha heterogeneidad, que es en la práctica lo que enriquece y armoniza la belleza de los ecosistemas, de ahí la importancia que tiene para el emopedagogo asumir esta diversidad como un desafío que lo compromete con la implementación de estrategias creativas, para enriquecer los recursos emocionales de sus estudiantes. Y ayudarles a encontrarse a sí mismos en las divergencias reconocibles en toda la comunidad emocional.

La psicoecoafectividad es una dimensión de la biodiversidad emocional, que integra los elementos distintos, autónomos y subjetivamente diferenciados en cada EE. Esto significa que, en un mismo niño se genera emociones que desde lo psicológico, lo afectivo y lo ecológico, configura cargas de matices emotivos completamente particulares. En algunos las reacciones de ira se controlan más fácil que en otros; los mismo sucede con el miedo o la tristeza, dado que ningún ser humano las manifiesta igual que los demás. Esto es importante para que el emopedagogo contribuya con el desarrollo de las habilidades que este requiere para alcanzar la armonía y la coherencia interna y externa.

Los catalizadores energéticos forman parte de otra categoría, que encuentra en el autoconocimiento de las emociones un concepto fundamental, para que el niño explore sus emociones con sinceridad y autocrítica. La conciencia es un atributo importante para que adquiera responsabilidad de las actuaciones y decisiones que toma, como parte de un proceso de interacción con el otro y los otros. Plantea de qué manera el estudiante alcanza una comprensión de su ecosistema, para auto-controlar sus reacciones y catalizarlas adecuadamente, con el fin de equilibrarlas dentro de su individualidad sin causar daño a otros ecosistemas.

La autorregulación es un catalizador que actúa en distintas circunstancias, contextos y escenarios, que le proponen al niño situaciones que encierra o condiciona sus sentimientos; la homeóstasis emocional es una especie de equilibrio auto-regulador, potencia las capacidades para actuar con sabiduría, moderación y autocontrol. El papel del emopedagogo es saber determinar en qué momento los ecosistemas de sus estudiantes se calientan, se enfrían o simplemente permanecen en un estado de latencia emocional, que se caracteriza por el alejamiento, el aislamiento o la apatía.

El contagio emocional es otro catalizador que favorece el intercambio de emociones y sentimientos, que en una misma comunidad emocional se generan por circunstancias y situaciones diversas. Se basa en la capacidad que tiene una persona de influir en otra para modificar sus comportamientos emotivos ya sea de forma negativa o constructiva. El ideal de contagio deseado, es aquel que permite que circulen emociones y sentimientos como la alegría, el respeto, la solidaridad, la confianza y la empatía.

El concepto de EE es innovador y se constituye en un aporte a la educación para la vida en plenitud, productividad y salud mental. En la argumentación expuesta como parte del corpus teórico, se plantea que hoy en día la pedagogía de las emociones está ganando espacios entre los paradigmas de formación que aportan a la construcción de marcos referenciales, para guiar la labor del emopedagogo comprometido con el desarrollo integral de sus estudiantes, en condiciones de equidad, ética y respeto por la subjetividad y la identidad del sujeto que se educa.

## REFERENCIAS

- [1] Armenteras D. et al. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Revista Ecosistemas* 25(1), 83-89.
- [2] Soler J. y Conangla M. (2014). *La Ecología Emocional*. Amat.
- [3] Morin E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- [4] Arias F. (2012). *El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica*. Episteme.
- [5] Hurtado J. (2010). *Metodología de la Investigación Holística*. SYPAL.
- [6] Rosenwein B. (2010). Problems and methods in the history of emotions. *Passions in context* 1(1), 1-32.
- [7] Solé B. J. (2020). El cambio educativo ante la innovación tecnológica, la pedagogía de las competencias y el discurso de la educación emocional. *Ediciones Universidad de Salamanca* 32(1), 101-121.
- [8] Urra J. (2017). *Primeros auxilios emocionales para niños y adolescentes: Guía para padres*. La esfera de los libros.
- [9] Domingo R. (2013). Entre el chronos y el kairós. *Nuestro tiempo* (679), 27-27.
- [10] Ruiz G. (2017). *Paisajes humanos*. Universidad de Jaén.
- [11] Goleman D. (1995). *Inteligencia Emocional*. Kairós.
- [12] Goleman D. (2020). What people (still) get wrong about emotional intelligence. *Harvard Business Review* 2-4.
- [13] Fernández P. (2023). *Inteligencia emocional: Aprender a gestionar las emociones*. Shackleton Books.
- [14] Goleman D. (2019). *El punto ciego: Psicología del autoengaño*. B de Bolsillo.
- [15] López M. (2008). Cognición y emoción: el derecho a la experiencia a través del arte. *Pulso* 31, 221-232.
- [16] Rojas L. (2019). El reducido espacio de la solidaridad en los tipos de la parte especial del Derecho penal chileno. *Revista de derecho (Valdivia)* 32(1), 295-310.
- [17] Boyatzis R. et al. (2021). Prosperar y sobrevivir: evaluación de la sostenibilidad personal. *Revista de Psicología de Consultoría: Práctica e Investigación* 73(1), 27-50.
- [18] Hundred. (2021). *Sinergia Emocional*. Recuperado: <https://hundred.org/es/innovations/sinergia-emocional>
- [19] Instituto Americano de Formación e Investigación. (2023). *Reacciones Emocionales*. Recuperado: <https://pnliafi.com/reacciones-emocionales/>
- [20] Paris J. (2021). *Emociones: Marketing y comunicación desde el paradigma esencial*. Nobuko.
- [21] Rogers C. (1992). *El proceso de convertirse en persona*. Paidós.
- [22] Maslow A. (2007). *El hombre autorrealizado*. Kairós.
- [23] Speranza A. (2006). *Ecología Profunda y Autorrealización*. Biblos.
- [24] Vera R. (2020). *Diccionario de Psicología*. Recuperado: <https://www.verticespsicologos.com/sites/default/files/Diccionario-de-psicologia.pdf>
- [25] Gardner H. (1983). *Frames of Mind: The theory of Multiple intelligences*. Basic Books.
- [26] Ecología Verde. (2021). *Que es biocenosis*. Recuperado: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-biocenosis-explicacion-con-ejemplos-1931.html>
- [27] Ramos V. et al. (2009). Emoción y Cognición: Implicaciones para el tratamiento. *Terapia psico*. 27(2), 227-237.
- [28] Galeano E. (1991). *El libro de los abrazos: imágenes y palabras*. Siglo XXI.
- [29] James W. (1884). What is an Emotion? *Mind* 9(34), 188-205.
- [30] Mesa F. (2021). Dilemas y puntos ciegos en el discurso distópico actual: Aproximación a una nueva tipología del género. *Distopía y Sociedad* (1), 1-38.
- [31] Veschi B. (2019). *Etimología de psicología*. Recuperado: <https://etimologia.com/psicologia/>
- [32] Díaz V. y Díaz A. (2021). *Hacia una revolución del oikos: Repensar la familia y abrazar los parentescos raros de Haraway*. Clivatge. *Estudis i tesismonis del conflicte i el canvi social* (9).
- [33] Ramírez V. et al. (2021). *Habilidades socioemocionales en adolescentes mexicanos*. *Revista Estudios Psicológicos* 1(3), 56-84.
- [34] Vázquez B. y Andrade A. (2020). Estudio de caso de conductas depresivas: autocrítica, desesperanza y sentimiento de culpa. *PsicoSophia* 2(1), 20-27.
- [35] Pérez J. y Gardey A. (2022). *Modulación - Qué es, definición, en la música y clasificación*. Recuperado: <https://definicion.de/modulacion/>
- [36] Goleman D. (2014). *Liderazgo. El poder de la inteligencia emocional*. Ediciones B. S.A.
- [37] Losada A. et al. (2020). *Estilos parentales y autorregulación emocional infantil revisión narrativa de la literatura*. *Revista REDES* (40).
- [38] Rodríguez L. et al. (2019). *Autorregulación emocional y actitudes ante situaciones de agravio*. *Revista de Psicología* 5(10), 25-44.
- [39] Félix J. (2020). *De pandemias, salud emocional y humanismo clínico*. *Revista mexicana de pediatría* 87(1), 3-6.
- [40] Martínez K. (2022). *Las iniciativas institucionales docentes como un modo de gestión emocional para los pedagogos de Buenaventura*. Universidad de los Andes.
- [41] Ceberio M. y Rodríguez S. (2019). *Las neuronas espejo: Una génesis biológica de la complementariedad relacional*. *Papeles del Psicólogo* 40(3), 226-232.
- [42] Bisquerra R. y López È. (2020). *Educación emocional: 50 preguntas y respuestas*. El Ateneo.

# Área de Ingeniería

*Ingeniería para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad*



# Comercialización de humus a partir de residuos orgánicos en el norte de Chile a través del diseño de un plan de negocios

Esteban Campos Barra<sup>1</sup>

Francisco Cartes Arenas<sup>2</sup>

Juan Luza Contreras<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Ejército de Chile*

<sup>2</sup>*Universidad Arturo Prat*

<sup>3</sup>*Servicio de Cooperación Técnica  
Chile*

Se presenta el diseño de un plan de negocios para la comercialización de humus a partir de residuos orgánicos, a través de la implementación de una planta productora en la comuna de Pica, Tarapacá, Chile. El plan se ajusta a una metodología de dos fases, las cuáles cumplen objetivos específicos: 1) la fase I contempla un análisis externo PESTEL y fuerzas de Porter; y 2) la fase II desarrolla los componentes de un plan de negocios: planeamiento estratégico, plan de mercadeo con estrategias de comercialización y ventas, plan de operaciones relacionado con la producción, plan financiero realizando un análisis económico del proyecto que determine el VAN, TIR, análisis de sensibilidad y la evaluación de la rentabilidad del producto. En los resultados se destaca que la situación actual del mercado es compleja, según el análisis PESTEL, porque los factores políticos, económicos y sociales han tenido fuertes repercusiones tras la ola de manifestaciones, lo que ha traído consecuencias graves, como contracción económica, desempleo e inestabilidad política. La factibilidad de este proyecto se demuestra con una investigación de mercado basada en fuentes secundarias y la aplicación de una encuesta, fidelizando gustos y preferencias de uso y consumo de abono orgánico. Los resultados permitieron estimar el mercado y segmentos a lo que apunta específicamente el proyecto, caracterizando el perfil del cliente objetivo. Sobre esta base de estudio se fijó el producto, la inversión inicial, el capital de trabajo, los precios, procesos técnicos, la localización y la demanda futura, por lo que se establecieron estrategias de mercadeo, comercialización y ventas para el cumplimiento de las metas planteadas en un horizonte de planificación de 10 años.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Civil Industrial. Contacto: [escampos2022@gmail.com](mailto:escampos2022@gmail.com)

<sup>2</sup> Magíster en Estadística Aplicada. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)

<sup>3</sup> Magíster en Gestión en Informática. Contacto: [jluzac@gmail.com](mailto:jluzac@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Según el quinto reporte del Estado del Medio Ambiente 2019 se estima que, en 2017 en Chile a nivel nacional, aproximadamente el 76,4% de los materiales que no tienen ningún riesgo para la salud ni contaminan el medio ambiente, denominados *residuos no peligrosos*, son eliminados en rellenos sanitarios y vertederos. Sin embargo, solo el 23,6% restante es valorizado. Además, los residuos no peligrosos valorizados [1] corresponden al 11,8% a reciclaje y un 11,8% a la Lombricultura, aplicación al suelo, entre otros. Por otra parte, en lo que refiere a la generación de residuos no peligrosos se estima el 97,3% a nivel nacional, desglosándose de la siguiente manera: el 60,4% es de origen industrial, el 35,3% de origen municipal y el 1,6% corresponde a plantas de tratamientos de aguas servidas PTAS. El 2,7% restante corresponde a residuos peligrosos. El 2017, de acuerdo con las declaraciones realizadas por los municipios a través del estudio [2], hubo un aumento en la generación per cápita de residuos municipales, estimando en la región de Tarapacá aproximadamente 513,74 kg por persona.

De lo anterior mencionado, se genera la idea de negocio consistente en la comercialización de humus de lombriz roja Californiana, el cual es un fertilizante orgánico y ecológico resultado de la transformación del compost procedente de estiércol natural ya fermentado varias veces, íntegramente asimilable por las plantas, 100% natural y es obtenido a partir de la descomposición metabólica de los residuos orgánicos (mermas de frutas, verduras, estiércol de animales de parcelas, etc.) que producen las lombrices al comer estos residuos. Es decir, aprovechando los desperdicios orgánicos como materia prima en la alimentación de lombrices, las cuales producen el abono natural por deyección. Por lo que se propone la elaboración de un Plan de Negocios que permita dilucidar si la idea es factible de ejecutar, o se debe replantear o descartar.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Descripción de evaluación de proyectos

#### 2.1.1 Proyecto

Según se señala en [3], *un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tiende a resolver, entre tantas, una necesidad humana. Sobre lo mismo el proyecto surge como respuesta a una idea que busca la solución de un problema o la manera de aprovechar una oportunidad de negocio.* En [4] se indica que *la evaluación de proyecto pretende contestar el interrogante de si es o no conveniente realizar una determinada inversión*, es decir reducir la incertidumbre respecto de los distintos aspectos de llevar un proyecto adelante.

#### 2.1.2 Etapas de la evaluación de proyectos

Según [3], en el estudio de proyectos se distingue dos grandes etapas:

1. *Formulación y preparación*: define todas las características que tengan algún grado de efecto en el flujo de ingresos y egresos monetarios del proyecto, para calcular su magnitud. Esta presenta dos subetapas:
  - Una que se caracteriza por recopilar información (o crear la no existente).
  - Otra que se encarga de sistematizar, en términos monetarios, la información disponible, esta sistematización se traduce en la construcción de un flujo de caja proyectado, que servirá de base para la evaluación del proyecto.
2. *Evaluación*: busca determinar la rentabilidad de la inversión en el proyecto. En la etapa de evaluación es posible distinguir tres subetapas:
  - La medición de la rentabilidad del proyecto.
  - El análisis de las variables cualitativas.
  - La sensibilización del proyecto.

### 2.1.3 Plan de negocios

Para [5], un Plan de negocios es un documento escrito de manera sencilla y precisa, el cual es el resultado de una planificación. Este documento muestra los objetivos que se quieren obtener y las actividades que se desarrollarán para lograr dichos objetivos. De igual manera menciona que:

*Un Plan de Negocios como un instrumento de gestión de la empresa que sirve de guía para que el emprendedor o empresario implemente un negocio. Es decir, el plan de negocios es un instrumento de planificación que permite comunicar una idea de negocio para gestionar su financiamiento, e incluso un Plan de Negocios es útil para ayudar a conocer el negocio en detalle, vale decir, sus antecedentes, las estrategias, factores de éxito o fracaso y las metas.*

Según [6], un Plan de Negocios contiene la siguiente estructura: Resumen ejecutivo, Descripción y visión del negocio, Análisis del mercado, Planteamiento estratégico, Estrategia de comercialización y ventas, Análisis del proceso productivo y Análisis económico financiero.

### 2.1.4 Modelo de negocios Canvas

El *modelo de negocios Canvas*, método ideado por [7], es una herramienta que permite obtener una visión de todos los elementos de la actividad empresarial en un único lienzo. Una metodología para definir nuevos modelos de negocio o ayudar a nuevas empresas a integrarse en modelos de negocio de éxito ya establecidos por otras compañías o crear negocios novedosos cuyo objetivo es crear, entregar y capturar el valor de los productos y servicios para un segmento de cliente específico. Se describen los 9 componentes del modelo de negocios canvas según [8]: Segmento de clientes, propuesta de valor, canales, relación con los clientes, flujo de ingresos, recursos claves, actividades claves, aliados claves y estructura de costes.

## 3. MÉTODO

La metodología empleada se divide en 3 fases, a saber: recopilar información de la situación actual y generar el análisis correspondiente, determinar las variables claves en aspectos estratégicos y financieros y evaluar la rentabilidad del producto y desarrollar un plan de implementación del nuevo plan de negocios, basado en el método modelo de negocio Canvas.

### 3.1 Fase I

Esta fase se realiza en 3 etapas:

1. *Diagnóstico externo del mercado*: a través de un análisis PESTEL que contempla factores políticos o normativos (trámites, permisos sanitarios y municipales requeridos para nuevos emprendimientos), económicos, enfocado en analizar los factores que tienen un impacto en el proyecto (tipos de interés, precios, situación económica del país y la región, etc.). Además, considera un análisis social que tiene por objetivo identificar las características del cliente y los segmentos idóneos a los cuales enfocar los productos desarrollados en la empresa, también se realiza un análisis de los aspectos tecnológicos en la industria, ecológicos y legales [9].
2. *Análisis de las 5 fuerzas de Porter*: consiste en establecer el poder de negociación de proveedores y compradores, determinar productos sustitutos y la amenaza de entrada de nuevos competidores, para finalmente determinar la rivalidad entre ellos, el objetivo principal de este análisis es determinar el potencial de rentabilidad de la industria [10].
3. *Encuesta sobre gustos y preferencias dirigida hacia potenciales clientes*: (ferias libres) en la ciudad de Iquique, Chile, cuya finalidad es recolectar datos de interés y determinar el mercado total, potencial y segmentar el mercado objetivo, a fin de determinar la oferta y demanda. La encuesta es aplicada a un número determinado de posibles consumidores de abono orgánico, que sea estadísticamente válida. Luego se realiza el análisis de resultados interpolando datos de la encuesta (fuentes primarias) con los datos obtenidos de fuentes secundarias, esto con el objetivo de obtener una mejor comprensión del

mercado objetivo, así como sus preferencias, hábitos y gustos con el fin de desarrollar de mejor forma una estrategia de producción, comercialización y mercadeo.

## **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **4.1 Análisis PESTEL**

#### **4.1.1 Factores políticos P**

Chile se encuentra políticamente estable y presenta un sistema democrático. El gobierno es de carácter presidencialista. El Estado presenta tres poderes autónomos e independientes: el ejecutivo, el legislativo y el judicial. Desde la perspectiva de desarrollo de empresas, el Estado apoya a Pequeñas y Medianas Empresas PYMES a través de la CORFO o SERCOTEC, organismos que mediante concursos entrega capitales a negocios en distintas etapas de desarrollo para su puesta en marcha y crecimiento [11, 12].

El país se caracteriza por un modelo económico-político que en las últimas tres décadas ha mostrado un importante desarrollo, lo que le ha permitido obtener un fuerte crecimiento con progreso social y estabilidad política. Sin embargo, este mismo fortalecimiento institucional es la génesis de debilidades que le amenazan como proyecto, como son la exclusión social y la desigualdad de oportunidades. En Chile se sentaron las bases para el desarrollo de un nuevo modelo económico y político que, de una forma u otra, han sido objeto de réplica en otros países de América Latina [13].

Dentro del modelo económico-político del Chile actual, la hipótesis central es que una de sus principales características es la fortaleza de sus instituciones más básicas, que le han permitido mostrar como país, un mayor nivel de desarrollo respecto al de sus vecinos. Sin embargo, se han manifestado recientemente en Chile ciertas falencias inherentes a este mismo desarrollo institucional, en donde el Estado en Chile tiene un papel regulador, ya sea como corrector de fallas de mercado (poder de mercado y existencia de mercados incompletos) y fallas sociales (pobreza, seguridad social, desigualdad), que estarían poniendo en riesgo cualquier emprendimiento a realizar.

De acuerdo con la información registrada en la Encuesta Nacional de Empleo ENE, que elabora el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile INE, durante el trimestre móvil mayo-julio de 2021, la tasa de desocupación en Chile fue de 8,9%. La cifra significó un descenso de 4,2 puntos porcentuales en 12 meses, producto del alza de la fuerza de trabajo (9,9%), menor a la presentada por los ocupados (15,2%) y a la disminución de 25,0% en los desocupados, incididos por los cesantes (-25,9%) y los que buscan trabajo (-12,2%) [14].

#### **4.1.2 Factores económicos E**

El impacto en la economía y mercado laboral de la crisis por Covid-19 en Chile provocó una crisis de envergadura en la actividad económica, en el empleo y en los ingresos. Se proyectó una caída en el producto interno bruto entre -4,5% y -5,5% para 2020; y la baja en la ocupación en torno al 20% durante el trimestre junio-agosto de 2020 se tradujo en un aumento en la tasa de desocupación, y una fuerte salida de personas de la fuerza de trabajo: cerca de una de cada tres personas en edad de trabajar están desocupadas o son parte de la fuerza de trabajo potencial [16].

FMI sube a 11% el crecimiento de Chile 2021 y es el más rápido de la región en volver a niveles prepandemia. El organismo aumentó con fuerza su anterior estimación de 6,5% para este ejercicio. Para 2022 prevé una desaceleración, con un alza de solo 2,5%, por debajo del promedio de América Latina. Justo en el promedio del rango establecido por el Banco Central en el último IPOM, el Fondo Monetario Internacional actualizó sus proyecciones para Chile. El World Economic Outlook WEO elevó la previsión para el país desde 6,5% a 11% en el presente año, cifra con la que lidera el rebote pos pandémico en la región, a diferencia de reportes anteriores y de otros organismos que dejaban a Perú a la cabeza.

Este fuerte aumento en la estimación de crecimiento impactó lo que se anticipa para el próximo año, ya que ahora ve un alza de solo 2,5%, por debajo del 3% previsto en abril pasado y también bajo el promedio

latinoamericano de 3%. Con todo, considerando desde inicios de 2020, entre las principales economías de la región, la chilena fue la más rápida en volver a los niveles prepandemia, según indica el FMI. Es más, durante este año solo Brasil y Colombia estarían nuevamente en niveles de PIB por encima de cierre de 2019. Y, al cierre de 2022, nuestro país seguirá siendo el de mayor recuperación [16].

#### **4.1.3 Factores sociales S**

Chile se encuentra en un proceso histórico, enfrentando preguntas centrales sobre gobernanza, su contrato social y modelo económico. A pesar del inmenso progreso económico y la reducción de la pobreza en las últimas décadas [16], el marco político existente ha sido insuficiente para seguir fomentando el crecimiento de la productividad y la diversificación económica, mejorar los resultados del mercado laboral y abordar en mayor profundidad su desigualdad.

Las protestas de 2019 y 2020 expusieron la vulnerabilidad del sistema socioeconómico, con manifestantes que demandaban un cambio en la dirección política y social del país. El estancamiento del crecimiento y de la productividad en la última década ha dado pie a preguntas sobre la sostenibilidad de la trayectoria de crecimiento del país y sobre el tipo de reformas que se necesitan.

En coordinación con el Ministerio de Desarrollo Social y de Familia, el Banco Mundial se encuentra implementando Gestión Social Local GSL, una metodología para evaluar el desempeño y entregar de manera integrada los beneficios y servicios sociales, a nivel municipal. A través de una ventanilla única, los funcionarios pueden ofrecer a cada beneficiario un paquete completo de apoyo de los diferentes programas y transferencias a los que ellos califican. Esto no solo incrementa la entrega de apoyo, sino que además aumenta la eficiencia del gasto público y los programas de apoyo, a través de una plataforma integrada. Considerando la importancia de GSL para la respuesta municipal ante los impactos sociales y económicos del Covid-19, este programa se expandió a 232 municipalidades a lo largo de Chile, y llegará a todas las municipalidades del país en 2021. También se agregará un nuevo módulo para el apoyo al empleo, con un piloto en siete municipalidades, que se extenderá a otras 50 durante este año [13].

La ciudad de Iquique en conjunto con Alto Hospicio, Colchane, Huara, Pica, Camiña y Pozo Almonte constituye la primera región de Chile, Tarapacá. El territorio de la comuna tiene 2835,3 m<sup>2</sup> de extensión, (considerando Alto Hospicio). Según los datos recopilados en el año 2017, la población de Iquique correspondía a 191.468 habitantes, manteniéndose una tasa de crecimiento poblacional constante [14].

En los últimos años la población, ha mostrado la necesidad de consumir productos orgánicos, saludables que ayuden al cuidado del medio ambiente, y generar la conciencia de consumir productos 100% orgánicos. Además, que ha sido una costumbre el consumir productos alternativos en la dieta como fuentes de alimento nutritivo. De hecho, dentro de las costumbres actuales, algunas personas desean y compran productos asociados al cuidado físico, de allí para estar a la moda con todo lo Light y saludable.

#### **4.1.4 Factores tecnológicos T**

Chile gasta menos del 1% del PIB anual en ciencia y tecnología. En 2015, por ejemplo, el 0,39% del PIB fue a gasto I+D (Corea del Sur, país que más invierte en este campo, destinó el 4,29% de su producto interno bruto). Esta cifra ha ido aumentando con los años, pero sigue siendo una de las más bajas dentro de los países que conforman la OECD. Según información del Ministerio de Economía de Chile [17], en orden creciente, las fuentes de financiamiento para I+D son el Estado, seguido de empresas nacionales, fondos internacionales, universidades e instituciones privadas sin fines de lucro. Por otra parte, según [18] en 2016 el 20% de los expertos declaran que las nuevas tecnologías y la ciencia se transfieren de forma eficiente desde la academia hasta las empresas (en 2007 era del 13%).

En Chile existe tecnología para el procesamiento de la materia orgánica vegetal, animal e industrial, la maquinaria que se utiliza es utilizada por otras industrias en diferentes procesos de reducción de materiales, tal como industria papelera, farmacéutica, entre otras. Es importante determinar técnicas que den mayor eficiencia en la elaboración del humus de lombriz al menor costo, para esto se deben considerar

distintos factores que intervienen en el proceso, ya que en algunos es necesario desembolsar una gran cantidad de dinero, siendo que pudiesen hacerse de forma manual.

Las necesidades tecnológicas de este rubro son medias, la calidad de los elementos de producción dependerá de qué nivel de inversión se determine como necesario para este proyecto, de los cuales se puede elegir teniendo en consideración los niveles de precios. La empresa también necesitará software básico en las áreas de administración y ventas.

#### 4.1.5 Factores ecológicos E

La industria no provoca impacto directo en el medio ambiente (al utilizar desechos orgánicos como materia prima para la producción del abono). Utilización de bolsas reciclables y biodegradables [19].

#### 4.1.6 Factores legales L

La actual norma ambiental [19] no hace una referencia explícita al manejo de la Lombricultura en sí, ya que no cabe dentro del manejo de residuos peligrosos que poseen una altísima regulación para evitar problemas de carácter ambiental, no obstante, al haber manejo de residuos orgánicos, la presencia en mayor o menor grado de líquidos percolados hace necesaria una revisión de la legislación vigente para poder cumplir con ella y no afectar el medio ambiente. En base a lo ya dicho, se pueden encontrar las siguientes normas relevantes para el negocio, que deben ser cumplidas o bien que de alguna u otra forma impactan en el marco regulatorio de la actividad.

Por otro lado, al insertarse en el contexto de los productos orgánicos se deben cumplir una serie de normas, muchas de ellas de carácter internacionales, cuyo incumplimiento tiene sanciones como la pena de cárcel, debido a las altas exigencias allí contenidas, es ésta una de las razones por la que no puede usarse cualquier tipo de residuos para alimentar a las lombrices si se quiere vender humus para que sea utilizado en este mercado.

Las normas en cuestión son: Norma Chilena. Compost – Clasificación y requisitos, regula la generación de compost [20]. Las Bases Generales del Medio Ambiente [19] disponen que los proyectos o actividades en ella señalados, solo podrán ejecutarse o modificarse previa Evaluación de Impacto Ambiental EIA, analizados y resueltos a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental SEIA. El reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en el título I, Artículo 3, indica: *Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son:*

- Agroindustrias, mataderos, plantales y establos de crianza, lechería y engorda de animales, de dimensiones industriales. Se entenderá que estos proyectos o actividades son de dimensiones industriales.
- Plantales y establos de crianza, lechería o engorda de animales, correspondientes a ganado bovino, ovino, caprino o porcino, donde puedan ser mantenidas en confinamiento, en patios de alimentación, por más de un mes continuado, un número igual o superior a trescientas (300) unidades animales.

En base a lo anteriormente descrito el proyecto no requiere una evaluación de impacto ambiental. Pese a ello durante su desarrollo se deberán tomar todas las medidas necesarias para no alterar el entorno natural ni poner en riesgo la integridad del ecosistema. La reglamentación chilena es clara en los requerimientos legales necesarios para el desarrollo de una empresa que produzca y manipule alimentos en el rubro. Una serie de requerimientos serán necesarios para que la empresa pueda obtener una patente municipal correspondiente y permiso sanitario. Los siguientes requerimientos serán los necesarios:

1. *Constitución de sociedad:* se debe definir la naturaleza de la empresa que puede ser como persona natural (Empresa unipersonal, Microempresa familiar MEF, Empresa Individual de Responsabilidad Limitada EIRL o persona jurídica (Sociedad Colectiva Comercial, Sociedad de Responsabilidad Limitada, Sociedad en Comandita, Sociedad Anónima). En este caso el emprendimiento irá dirigido como EIRL.

2. *Iniciación de actividades y obtención del RUT (Rol Único Tributario)*: se elige el formato de empresa con personalidad jurídica, por lo que se debe gestionar la obtención del RUT de la empresa SPA ante el Servicio de Impuestos Internos SII.
3. *Certificado de informaciones previas*: tiene por objetivo mostrar que el lugar físico donde se instalará el negocio es compatible con el domicilio y uso comercial que se le pretende dar.
4. *Extracto y publicación en el diario oficial*: luego de hacerse la solicitud de marca, se deberá por obligación encargar y pagar la publicación del extracto de la solicitud en el Diario Oficial.
5. *Contrato de arriendo*: es necesario contar con un local propio o arrendado y presentar una copia del contrato de arriendo o título de propiedad antes de poder solicitar la patente.
6. *Apertura de sucursal*: el trámite de apertura de sucursal se debe realizar ante el SII presentando una copia de la constitución de la sociedad, donde se debe especificar la cantidad de trabajadores y el capital inicial.
7. *Permiso o resolución sanitaria*: el Seremi de salud debe realizar una inspección en el local propuesto y entregar su aprobación (o rechazo) del local para determinar si cumple las condiciones para producir y distribuir el producto. Una vez que sea favorable la inspección, debe ser presentada la resolución en la municipalidad.
8. *Recepción definitiva y zonificación*: la dirección de obras de la municipalidad deberá inspeccionar el local y determinar si la localización de este es adecuada para el rubro que pretende desempeñar, con la finalidad de aprobar o rechazar su localización.
9. *Declaración jurada notarial para patente municipal*: cuando la municipalidad finalmente apruebe la patente, se deberá firmar ante notario una patente provisional con una duración de un año.

Conclusión del análisis PESTEL, desde el punto de vista de riesgo político, para el establecimiento de este proyecto privado, no es relevante ya que el país cuenta con estabilidad y sus instituciones, para efectos de tramitar los permisos respectivos, funcionan.

Por otra parte, el hecho de que haya una reducción del riesgo país está correlacionado con una menor tasa de endeudamiento privado, lo que puede beneficiar al proyecto con la reducción de gastos financieros. Legalmente el país promueve iniciativas como la que se desarrolla en el presente proyecto, esto es, aquellas que fomenten la valorización de residuos.

Desde la perspectiva económica, el país aún no se reactiva, sin embargo, continúan proyectándose crecimientos sobre el 3%. Mientras que socialmente, Chile es un país cuya población está creciendo a un ritmo menos acelerado y que está envejeciendo. Con respecto a la perspectiva ambiental, si bien la población recicla, uno de los residuos que menos atiende es el orgánico, precisamente el que aborda este proyecto. Tecnológicamente, el país aún tiene mucho espacio de mejora en términos de inversión. Sin embargo, para efectos del desarrollo del proyecto, la tecnología necesaria para su funcionamiento no tiene especificaciones sofisticadas y puede ser adquirida en los mercados nacionales e internacionales.

## 4.2 Análisis Porter

### 4.2.1 Amenaza de nuevos competidores y potenciales entrantes

En cuanto a las *economías de escala*, existe una barrera de entrada media alta, ya que hay presencia de economías de escala tanto en empresas grandes como medianas del rubro. Sin embargo, las medianas basan su modelo de ventas en los volúmenes de producción que los clientes necesitan, mientras que las grandes producen volúmenes superiores y que pueden permanecer almacenados por más tiempo en bodegas. El presente proyecto se considera a una escala de producción media, por lo que la economía de escala en este caso estaría en el rango media alta.

Por su parte, en las *experiencias y curvas de aprendizaje* existe una barrera de entrada baja, dado que en el rubro agropecuario el uso de este producto es relativamente desconocido, generalmente son a menor

escala la cantidad de oferentes que requieren este abono de tipo natural. No obstante, se proyecta mantener esta idea de negocio en un plazo de 10 años.

Asimismo, en la *diferenciación de productos* existe una *barrera de entrada alta*, al existir diversificación en este tipo de productos naturales o artificiales. Aunque el de origen natural, habiendo poco conocimiento del consumidor promedio, en relación con los nutrientes y grandes beneficios que posee el producto que va en directa relación al uso de suelos ya que es inocuo y no daña el medio ambiente, pero que es un mercado que va creciendo y tomando fuerza.

Referente a los *requerimientos de capital*, existe una *barrera de entrada alta* por capital de inversión, dado que los recursos necesarios para implementar una planta con el equipamiento de activos son mayores. Finalmente, en el acceso a canales de distribución existe una *barrera de entrada baja* en esta variable, dado que hay canales de distribución ya establecidos y adicionalmente no es necesaria una especialización en esta área.

Se concluye que existen bajas barreras de entrada para nuevos competidores en el mercado, Los nuevos entrantes traen nueva capacidad y deseo de ganar participación de mercado y pone presión en precios, costos e inversiones para competir. Cuando la amenaza de entrada es alta, los competidores actuales bajan los precios o aumentan inversiones para desincentivar a nuevos competidores.

#### 4.2.2 Rivalidad y competencia del mercado

El factor *número de competidores* genera una rivalidad en el mercado que se podría considerar alta en un principio, dado al número de empresas posicionadas en el rubro, sin embargo, se puede asumir entonces, que la rivalidad dependerá del tamaño y de la cantidad de empresas que produzcan este tipo de producto (natural o artificial). El proyecto propuesto en esta memoria tendrá una rivalidad media con sus competidores y no alta, debido a que se compite por el posicionamiento del producto ya comercializado, en mayor medida como abono artificial y en menor escala como producto natural.

Además, si en un sector hay *barreras de salida*, aumenta la competencia y la rivalidad entre competidores. La barrera de salida es una circunstancia o un evento que dificulta que las empresas puedan abandonar un sector, forzándolas a seguir compitiendo. Existen bajas barreras de salida, por lo tanto, *baja rivalidad entre competidores* dado que los activos no son especializados, por lo que es fácil generar la reventa dentro de la industria. Por otro lado, no existen interrelaciones estratégicas con otras empresas, restricciones gubernamentales, ni sociales por lo que esta independencia genera la facilidad de salir de la industria sin problemas.

*El exceso de capacidad productiva o capacidad instalada* cuando en un sector hay empresas con exceso de capacidad productiva, aumenta la competencia, ya que las empresas van a emplear esa capacidad al 100%, lo que se traduce en más producto en el mercado y mayor presión para vender y por lo tanto mayor rivalidad. Existen pocas empresas que producen y comercializan a gran escala (SODIMAC, MERCADO LIBRE), las empresas que producen a una escala menor la constituyen ferreterías y pequeñas instalaciones de agricultores en la zona, por lo que existe una *rivalidad media entre competidores*.

#### 4.2.3 Amenaza de productos sustitutos

La amenaza que generan los productos de la competencia directa se observó que en el mercado nacional existen la comercialización de fertilizantes de tipo natural y artificial, los que se comercializan por distintas empresas de la competencia. Se puede afirmar que la amenaza sería media ya que la competencia no está directamente relacionada con la comercialización del abono orgánico, sino también con el abono de tipo artificial. Se puede concluir que la amenaza de productos sustitutos es media. Cuando la amenaza de sustitutos es alta, la rentabilidad de la industria sufre. Los sustitutos limitan el potencial de rentabilidad de una industria al establecer un techo a los precios. Por lo tanto, se concluye que existe un poder medio de los sustitutos y una rentabilidad media.



#### 4.2.4 Poder de negociación de los clientes

El poder de negociación de los clientes es alto: sí captaron más valor al forzar una reducción de precios, demandar mejor calidad o servicios (que aumentan costos), esto hace que los participantes compitan entre sí a expensa de la rentabilidad de la industria, así los clientes tienen la posibilidad de elegir entre diversos productos y precios que ofrece el mercado, lo que aumenta su poder de negociación y orientan su elección según sus propias preferencias.

En la región las empresas que comercializan este producto se encuentran diversificadas y ofrecen productos diferenciados, teniendo opciones de elección a productos de su preferencia, por consiguiente, y en este sentido tienen un *alto poder de negociación* frente a un mercado poco atendido.

Se concluye que existe un poder de negociación de los Clientes alto y una rentabilidad Media, al existir un mercado desconocido en la venta de humus, diversificado con respecto a productos de tipo artificial, lo que hace que el cliente objetivo tenga opción de elección.

#### 4.2.5 Poder de negociación de los proveedores

Su poder de negociación es medio, debido al alto número de proveedores que ofrece la materia prima que requiere una empresa productora de humus. Los principales insumos necesarios para la producción de abono natural son: ramas, desechos orgánicos, etc. Por lo tanto, los proveedores no poseen una posición de ventaja sobre las empresas del rubro.

### 4.3 Análisis sobre preferencias de consumo

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la encuesta sobre las preferencias de consumo. Se observa que el 81% de agricultores y feriantes que se interesarían en comprar humus de Lombriz, por tal motivo se puede concluir que sería un excelente producto para la venta.

**Tabla 1.** Resultados de la encuesta sobre preferencias de consumo

Pregunta 1. ¿Conoce el humus de lombriz?		
Opción	Cantidad	Porcentaje
Sí	30	34%
No	59	66%
Pregunta 2. ¿Qué clase de fertilizante utiliza generalmente?		
Químico	10	11%
Orgánico	15	17%
Ambos	64	72%
Pregunta 3. ¿En caso de utilizar Fertilizantes de tipo Orgánicos natural, cual utiliza?		
Animal	59	66%
Vegetal	30	34%
Pregunta 4. ¿Con qué frecuencia utiliza Fertilizante?		
Entre 1 a 5 meses	20	22%
Entre 6 a 12 meses	69	78%
Pregunta 5. ¿Cuánto Fertilizante utiliza al año?		
Entre 10 a 100 kg	10	11%
Más de 100 kg	79	89%
Pregunta 6. ¿Cómo adquiere el fertilizante?		
Compra	11	12%
Produce	13	15%
Ambos	65	73%
Pregunta 7. ¿Estaría dispuesto a comprar humus de lombriz como fertilizante?		
Sí	72	81%
No	17	19%
Pregunta 8. ¿En qué se fija al momento de Adquirir un Fertilizante?		
Precio	85	96%
Calidad	3	3%
Cantidad	1	1%

## 4.4 Desarrollo de los componentes del Plan de Negocios

### 4.4.1 Planteamiento estratégico

Como estrategia, se iniciarán las operaciones en la comuna de Pica, sector Miraflores, región de Tarapacá, Chile. Con la instalación de una planta productora de humus de lombriz Californiana, la cual será comercializada en las distintas comunas de la región. Se deben tener en cuenta ciertos factores que influyen en la decisión de compra de los clientes:

- Cercanía con el mercado objetivo. Para esto se debe identificar al cliente total, potencial y objetivo.
- El lugar elegido cuenta con una infraestructura adecuada a las necesidades de la empresa, capacidad y nivel de producción.
- Conectividad, presencia de transporte público, accesibilidad, estacionamiento.
- Presencia de competidores, productos sustitutos y complementarios cercanos al local.
- Requerimiento de Capital para la compra de terreno, en el que se realizarán las operaciones.

### 4.4.2 Aspectos estratégicos

- *Misión:* Ofrecer al consumidor productos que generen total satisfacción y beneficios adicionales en las siembras de los agricultores y viveristas, y al mismo tiempo que sea amigable y sustentable con el medio ambiente.
- *Visión:* Ser una planta de abono 100% orgánico, reconocida en el mercado por su producto de gran calidad y entrega de un excelente servicio. Apuntando hacia los mayores estándares de calidad, con el propósito de lograr una alta fidelización de clientes a lo largo de toda su existencia.
- *Valores:* Responsabilidad, eficiencia e innovación y compromiso con el medio ambiente.

### 4.4.3 Organización del capital humano

Para la conformación de esta empresa, la descripción de puestos de trabajo aporta grandes beneficios en la gestión de personas y el clima laboral ya que ofrece una visión completa de las necesidades de un puesto de trabajo y la definición de perfiles, lo que ayuda al reclutamiento y selección de candidatos para el puesto. También permite una sencilla valoración más justa de puestos de trabajo para definir sueldos, salarios y realizar revisiones periódicas como también ayudar en la evaluación del desempeño del trabajador, siendo más equitativa y justa, cabe mencionar además que existirán herramientas de evaluación de desempeño con la finalidad de ir evaluando periódicamente al personal. En la Figura 1 se muestra el organigrama del personal fijo de la empresa.

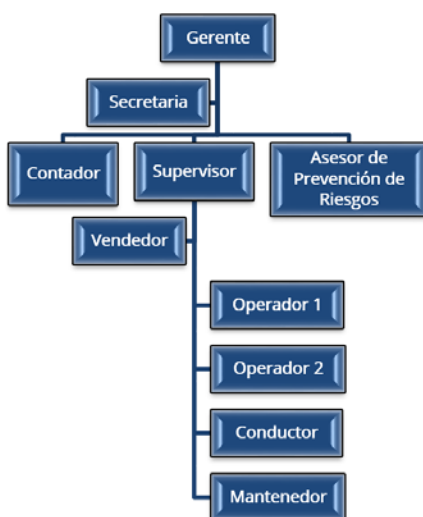


Figura 1. Organigrama del personal fijo de la empresa

- *Gerente:* en este cargo recaen todas las responsabilidades de decisión relacionadas con la orientación y direccionamiento de la planta. También se encarga de la coordinación de todos los recursos que posee. Los cursos de acción serán encomendados al Supervisor a cargo del proceso. Y todas sus coordinaciones y gestiones serán respaldadas por la secretaria. Deberá exigir reportes periódicos al Supervisor, para poder informar alguna anomalía de la planta a los proveedores de esta, y así canalizar de manera anticipada la gestión de algún medio o maquinaria que haya sufrido algún deterioro y sea necesario adquirir otra. Además, coordinará de manera directa con los proveedores de los días en los que se realizará la recolección de desechos, para posteriormente entregar esta información a la secretaria y al Supervisor, para que se pueda llevar cabo la programación de tal gestión.
- *Secretaria:* llevará a cabo la gestión administrativa, además coordinará todas las actividades que unidas corresponden a las diferentes etapas relacionadas con la producción. Llevará además un registro de todas las labores del Gerente, junto con eso se encargará de la facturación, remuneraciones y el cierre de los ciclos.
- *Contador:* es un profesional capacitado para participar en los procesos de planificación y gestión contable y tributaria en forma eficiente en la planta. Con un dominio adecuado de los conocimientos de la Administración, además de poseer un manejo en tecnologías de información. Su remuneración será a honorarios.
- *Asesor de Prevención de Riesgos:* la función principal del profesional de prevención de riesgos y medio ambiente es la de planificar, controlar, asesorar en materias de prevención de riesgos, salud ocupacional, gestión ambiental y promover acciones preventivas y correctivas con el fin de evitar accidentes del trabajo como enfermedades profesionales.
- *Supervisor:* es el responsable de las actividades relacionadas con la producción del producto final. Por lo cual debe controlar el trabajo que llevan a cabo los operadores y proveerlos de los recursos que demanden para ejecutar sus labores. Entregará un plan de ruta detallado al conductor con los nombres, lugares y números de los clientes, para que estos realicen la recepción del producto. Debe estar enlazado directamente con el conductor cuando este se encuentre en ruta. Además, proveerá de medios al encargado de limpieza cuando este los demande. Todas las novedades de producción y necesidades serán reportadas al Supervisor a cargo para registrarlas y poder realizar el control respectivo.
- *Vendedor:* es el responsable de vender el producto utilizando argumentos sólidos para clientes actuales y potenciales. Llevar a cabo análisis de rentabilidad de clientes actuales y potenciales. Mantener relaciones comerciales positivas para garantizar futuras ventas. Custodiar, controlar y participar activamente en la distribución de suministros y gestión de inventarios en bodega. Ingresar los productos al sistema informático de que dispone la organización.
- *Operador 1 y 2:* ambos operadores están a cargo de llevar un registro de todos los indicadores de las máquinas, para posteriormente reportarlas al supervisor. Encargado de las actividades de manejo del lombricultivo, alimentación, cuidado y mantenimiento de las lombrices para la venta de humus. Su dedicación no es de tiempo completo, porque el lombricultivo tiene tiempos muertos durante la fase de producción, sin embargo, se reportará al Supervisor para ser encomendados en otras tareas necesarias, en apoyo a otra área.
- *Conductor:* su labor es repartir los pedidos de sacos de humus, para lo cual el supervisor le entregará un plan de ruta. Además, deben informar cualquier novedad relacionada con la recepción de la materia prima y el funcionamiento del camión, reportándose al Supervisor cuando el camión se encuentre detenido, con la finalidad de tomar el control y medidas ante una contingencia que se produzca. Además, debe preocuparse de tener toda su documentación al día.
- *Mantenedor:* recibirá un plan de trabajo semanal por parte del Supervisor, en el cual detalla los sectores donde procederá a trabajar y en qué horarios. Será el encargado de recibir la materia prima, hacer el

Compost y posterior distribución a las camas de lombrices. Además de mantener el orden y la limpieza del recinto, para lo cual se le otorgarán todos los medios para que cumpla su labor. Como tarea anexa debe informar cualquier anomalía que detecte en los lugares donde se encuentre realizando limpieza para prevenir cualquier accidente.

#### 4.4.4 Plan de mercadeo

- *Mercadeo estratégico:* El nombre de la imagen corporativa se eligió el de *humus Tarapacá*. Este nombre presenta la ventaja de señalar claramente que el giro de la empresa está asociado a la Lombricultura y reciclaje de orgánicos. En la Figura 2 se muestra el logo tentativo de la empresa.



HUMUS TARAPACÁ

Figura 2: Logo tentativo de la empresa

- *Plaza y comercialización:* El producto para comercializar será humus de lombriz roja californiana en formatos de 1, 5, 10 y 20 kg de sustrato sólido (polvo). En sacos de polipropileno biodegradable rotulados con la marca de la empresa información nutricional y peso. La venta se llevará a cabo de forma directa sin intermediarios, en la planta, locales establecidos, ferias libres y a través de internet.
- *Estrategia de posicionamiento:* El servicio para prestar está asociado a la creciente tendencia del reciclaje. Con base en la estrategia genérica de diferenciación (respecto a las alternativas actuales de reciclaje, fundamentalmente puntos limpios) es claro que apunta particularmente a simplificar este proceso, entregando todo el equipo de separación de residuos a los clientes, valorizando sus desechos vegetales sin que estos requieran conocimiento al respecto y que lo hagan directamente en sus domicilios. En concreto, el servicio busca posicionarse como *una alternativa ecológica, fácil y cómoda de reciclar los residuos orgánicos*. Esto requerirá que todas las actividades de la empresa, en sus niveles estratégico, táctico y operacional sean congruentes para que dicho posicionamiento se imponga ante sus competidores.
- *Estrategia de comunicación:* Construida la marca del producto, toda la comunicación irá dirigida a transmitir la imagen que se desea tener como empresa, así como dar a conocer las ventajas y aplicaciones del humus de lombriz de manera especializada. Ante el alto impacto que producen los medios de comunicación en la formación de la opinión del público, sería de mucha utilidad aprovechar estos recursos para dar a conocer al mercado consumidor nuestro producto, indicando las propiedades y beneficios que producen en los cultivos y al medio ambiente, dar a conocer la existencia de una alternativa para sus productos agrícolas, con la colaboración de las municipalidades o con publicidad particular, dándole énfasis al beneficio social que se genera con la utilización del producto, además de presentar el proyecto no solo como una solución viable al problema de los desperdicios generados, sino también una forma de ayudar al medio ambiente y a la sociedad.

Para esto es necesario establecer alianzas estratégicas con empresas que generan desperdicios de origen vegetal, el pacto puede plantearse de manera que la empresa que desarrolle el proyecto recolecta el desperdicio haciéndoles conciencia que se ahorrarían el costo en que incurren para deshacerse de sus desperdicios. Utilizar como medio de comercialización un énfasis sobre el hecho de que el producto proviene de materiales reciclados, aprovechando el hecho de que crece la conciencia del público hacia el uso inteligente de los recursos. Otra alternativa es buscar crear en las autoridades el interés en campañas de reciclaje, de manera que pueda aprovechar los recursos municipales para incrementar el grado de recursos externos participantes en la transformación de la conciencia y cultura popular.

- *Estrategia de medios:* Los medios que se proponen para la estrategia de comunicación son: Web propia e independiente donde se harán visibles los soportes técnicos, medios audiovisuales, imágenes y gráficos referentes a la empresa y al producto, información de producto y precios. Presentación en redes sociales como Facebook, Instagram. Presentación en YouTube del video promocional. Mercadeo directo en ferias agrícolas y en puntos de ventas detallistas especializados. Visitas comerciales en parcelas de clientes. Publicidad en Radios y en Prensa local.
- *Precio:* El precio del producto es la cantidad monetaria a la que los compradores están dispuestos a vender, y los consumidores a comprar un bien o servicio, cuando la oferta y la demanda están en equilibrio. La base de todo precio de venta es el costo de producción, administración y ventas, más una ganancia. Este porcentaje de ganancia adicional conlleva una serie de consideraciones estratégicas. Para la fijación del precio se debe considerar la demanda potencial del producto, las condiciones económicas del país, la reacción de la competencia, el comportamiento del revendedor y la estrategia del mercado, que en este caso es ganar mercado. En relación con lo descrito anteriormente se determina en base a [22], en el cual se realiza el cálculo de costo de producción, posteriormente, se calcula el precio de venta con un margen de ganancias del 20% del producto. Este porcentaje es seleccionado en función al porcentaje que se maneja en el mercado para los distribuidores de abono.

El precio también está influido por la cantidad que se compre, por lo que a los mayoristas siempre se les dará el precio con un porcentaje de descuento. Utilizando este método se determina el precio de venta del producto, considerando además el precio regulado por el mercado. Con base en esto, se define un precio mayorista de 1,4 dólares en los sacos de 20 kilogramos (10% de descuento) y un precio (sugerido) al consumidor final de 1,5 dólares el Kg (20% margen de ganancias) en el primer año de ventas del producto y posteriormente se incrementará en 5% para los próximos años.

- *Promoción:* En efecto, en el caso de las redes sociales, estas pueden ser programadas para que los anuncios de los servicios a prestar lleguen a usuarios de determinada localización geográfica. A su vez, la publicidad puede aparecer en rangos horarios específicos y por un tiempo que dependerá del presupuesto de mercadeo. Los clientes contactarán a la empresa mediante los canales anunciados en la publicidad virtual y física (teléfono, correo electrónico o el sistema de mensajería que facilitan las redes sociales). El personal de ventas entregará a los clientes el detalle del servicio (descripción, dinámica de funcionamiento y, lo más importante, los beneficios que representa para el cliente contratar el servicio) por lo cual invitarán al cliente a sumarse a la iniciativa. El sitio web también tendrá un rol en la promoción de los servicios entregando información sobre estos. Mediante anuncios en el buscador Google, los prospectos podrán acceder a las secciones del sitio web específicas en la promoción de los servicios (además de invitar a ser parte de este mediante un formulario de inscripción en línea).

#### 4.4.5 Mercado proveedor

- *Materia prima:* La fabricación de humus consiste en alimentar con residuos orgánicos a las lombrices rojas de modo que estas después defecan el humus (producto). Este proceso consiste fundamentalmente en abastecer de alimentos (materia prima) a las lombrices durante un período de tiempo estimado, regulando condiciones de temperatura, humedad, etc. Los sustratos orgánicos más comunes y utilizados para alimentar a las lombrices son: los estiércoles de animales (guano de caballo, vaca, cerdo, gallinas, corderos, conejos etc.), residuos agroindustriales (provenientes de cosechas), residuos domésticos y de mercados (agros), residuos de jardinería y viveros.
- *Obtención de la materia prima:* La cantidad de insumos necesarios para este proyecto serán preferentemente residuos vegetales, suministrados y obtenidos de: cosechas en parcelas: principalmente de la zona de Pica, Alto hospicio y huara por sus cercanías al punto de acopio del proyecto. Mercados: de la merma de frutas y verduras en mal estado que se descartan en viveros y agros de la ciudad, donde se comercializan estos componentes. Cabe agregar, que la gran generación de residuos que allí se produce constituye potencialmente un riesgo sanitario, es por lo que se deshacen rápidamente de ellos, los cuales no son reutilizados sino desechados a la basura o quemados. Siendo éstos un problema ambiental, por lo que se podrán obtener gratuitamente asumiendo solo un costo de

transporte. Para efectos de recolección se pretende efectuar semanalmente debido a que la producción es diaria y la merma se genera semanalmente, considerando que se requiere 800 kg de materia prima por cada cama al mes.

- *Tasa de reproductividad de las lombrices rojas:* En condiciones de pH (6,8-7,2), Temperatura (23-27 Grados Celsius), Humedad y tipo de sustrato alimenticio (de tipo vegetal) según estudios realizados en [23]. Estableció que 1 lombriz madura producirá 10 lombrices al cabo de 90 días en condiciones específicas, con un ciclo reproductivo de 4 veces por año. Es decir, una lombriz dará origen a 10.000 lombrices al cabo de 1 año. Considerando que cada lombriz adulta tiene un peso de aproximadamente de 0,5 g y que estas consumen en peso la misma cantidad diaria de residuos orgánicos. Cada lombriz produce al día aproximadamente 0,28 g de humus.
- *Método de distribución:* No se produce a granel por un tema de conservación de la calidad y de la densidad, que para que el producto sea bueno es un requisito fundamental que posea baja densidad, ya que, al ser vendido a granel, por el transporte, el humus puede sufrir compactación, lo que aumenta su densidad, esto es aplicable para todos los mejoradores orgánicos, de modo que debe haber empaque que conserve las propiedades de los insumos.
- *Requisitos técnicos:* En el caso de la distribución del fertilizante orgánico, se debe tomar en cuenta para su comercialización y distribución que si un producto pretende ganar terreno en el mercado dentro del cual está inserto, este debe cumplir con ciertos estándares de calidad, como es el caso del humus de lombriz en la eventualidad de que se emplea en viveros y predios para agricultores en grandes volúmenes.
- *Certificación de laboratorio:* La certificación de laboratorio tiene por objetivo dar una evidencia al cliente de la calidad del producto de modo de dar un respaldo y trazabilidad del producto, ya que, al ser un tipo de venta de alto volumen, el cliente que adquiere el producto se debe asegurar que el contenido efectivamente agrega valor a las plantas y no, por el contrario, las daña.

#### 4.4.6 Plan de operaciones

- *Proceso productivo:* Se inicia con la cría y la producción de lombrices y la posterior transformación de su materia orgánica en humus orgánico.
- *Cría de lombriz roja californiana:* Las características morfológicas de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* son: color rojo oscuro, cuerpo alargado, cilíndrico, achatada centralmente, puntiaguda en los extremos. Mide de 6 a 8 centímetros de largo y de 3 a 5 milímetros de diámetro, pesa hasta 1,4 gramos y puede llegar a producir hasta 1.300 lombrices. Su capacidad máxima de reproducción es entre 14°C y 27°C, es un animal hermafrodita (poseen tanto órganos femeninos como masculinos). La lombriz está dotada de un sistema digestivo que comprende: boca, faringe, esófago, buche, molleja, intestino y ano. El sistema digestivo de la lombriz permite neutralizar la acidez de los residuos que come, posee glándulas calcáreas que segregan carbonato cálcico, esta característica hace que el humus resultante tenga un pH cercano a la neutralidad, que actúa como corrector de suelos ácidos.
- *Reproducción:* Aunque las lombrices son hermafroditas (poseen órganos femeninos y masculinos) no existe la autofecundación, los individuos deben aparearse para intercambiar sus gametos. Se acopla regularmente entre 7 y 10 días, depositando un huevo que puede contener entre 2 y 20 embriones. Son adultas a los siete meses, alcanzan la madurez sexual a los 3 meses de edad, cuando aparece el clitelium (un anillo de mayor diámetro situado a la altura de su primer tercio). El apareamiento puede realizarse de día o de noche y requiere de dos a tres horas. La fecundación se efectúa a través del clitelium, cuyas glándulas producen el huevo de 23 por 34 milímetros, se producirán por lo menos dos huevos (uno de cada lombriz), los cuales se abrirán al cabo de 14 a 21 días, según la temperatura del medio donde se ubiquen. De cada huevo nacen entre 2 y 21 pequeñas lombrices, miden 4 milímetros a los 5 o 6 días adquieren una tonalidad rosa y miden 7 milímetros. Entre los 15 y 20 días toman una coloración roja y miden de 12 a 15 milímetros. A los 90 días miden 3 centímetros, se tornan de color rojo oscuro.

- *Métodos de crianza:* Entre los diversos métodos que existen para la crianza de las lombrices tenemos: Criadero al aire libre, Cría en tolvas, Cría en cajones o cajas y Cría de lombrices en el jardín. La modalidad que más se aplica de acuerdo con las condiciones climáticas es el criadero al aire libre. Este método funciona por medio de cunas o lechos donde habitan las lombrices, se desarrollan y producen el humus, sin embargo, se debe crear un techo que proteja los lechos de la lluvia.
- *Fraccionamiento de la materia prima:* Como la lombriz no tiene dientes solo succiona la materia orgánica, es necesario moler la materia orgánica, utilizando una picadora. Esto hará que el proceso de elaboración del lombricompost sea más rápido.
- *Descomposición de la materia prima y control de los Bioparámetros de producción:* Para favorecer el proceso de descomposición, se hacen camellones de los residuos, de 5 metros de largo por 1 metro de ancho y 0.80 metros de alto sobre el suelo. Se les aplica agua 4 veces por semana, tratando de mantener la humedad elevada. Una vez por semana, se les da vuelta a los camellones con el fin de ventilarlos y de no permitir que se eleve la temperatura.
- *Prueba de la materia en descomposición:* Antes de introducir en una cuna material nuevo (material de los camellones), es necesario hacer una prueba durante unos días (dos días) con algunas lombrices en un cajón pequeño, controlando su estado de salud, si se introducen en el material y si se observa que ponen huevos, se puede introducir como alimento para las lombrices, de lo contrario hay que ponerlo bajo las condiciones adecuadas. Se taparán estos camellones con plástico de polietileno para controlar las plagas. Además, se debe controlar que la materia orgánica cumpla con los bioparámetros de producción requerida.
- *Cunas:* Cada cama mide 2 metros de largo por 1 metro de ancho para completar una superficie de 2 metros cuadrados por cama, estas tienen 60 centímetros de profundidad de los cuales 30 centímetros serán destinados para humus y lombrices obteniendo un volumen humus-lombriz de 0,6 metros cúbicos. Entre cada lecho debe existir un espacio libre de 1 metro cuadrado, para que los trabajadores puedan movilizarse entre cada cuna para la realización de las diferentes labores. El proyecto iniciará con 8 camas distribuidas como lo muestra la figura 8 y 9. Esta se podrá proyectar a futuro instalando camas sobre camas con 0,55 metros de diferencia de alturas, para permitir el giro en su eje longitudinal y también se dejará terreno reservado para instalaciones de camas en el corto plazo (12 meses).

La estructura de cada una de las cunas es rectangular, elaboradas en madera recubiertas en pintura asfáltica para que contribuya a mantener una temperatura estable e impermeabilidad. La cuna contará con una tapa superior la cual se quita para alimentar a las lombrices, una tapa con bisagras en un costado para permitir la descarga de humus, una zona de acumulación de lombrices (60 centímetros de largo), en el interior cuenta con paletas fijas para que, al momento de girar la cuna con un mecanismo de rodamientos mecánicos, el humus en el interior se vaya desarmando y aireado.

- *Riego de las cunas:* El riego de las cunas debe hacerse de forma directa, regularmente y manual, con una manguera con aspersor tipo ducha, para llevar un buen control de la cantidad de agua esparcida. Los riegos no pueden ser excesivos, porque arrastran las proteínas, lo que provoca pérdida del valor nutricional del alimento y porque ahogan a las lombrices. Los 10-15 centímetros superiores de la cuna son los que interesa regar, porque allí están la mayoría de las lombrices alimentándose. Un centímetro de la parte superior puede estar seco. La cantidad de agua por aplicar y la frecuencia de riego, dependerá de las condiciones del tiempo en las épocas del año; siempre, que la humedad del alimento se mantenga entre 75-85% y la temperatura no sobrepase los 25°C. Es recomendable que se rieguen las cunas todos los días durante 40 segundos y en días muy soleados, se debe aplicar agua por lo menos dos veces al día, de preferencia en las horas de mayor temperatura.
- *Siembra de lombrices:* Luego de preparar el lecho en los lombrizarios, se procede a la siembra de las lombrices. Se recomienda introducir 2 kilogramos de lombriz pura (aproximadamente tres mil lombrices), por metro cúbico. Sabiendo que una lombriz pesa un promedio de 0,5 gramos se determinó que la cantidad a sembrar será de 2.400 lombrices en camas de 0,6 metros cúbicos (2m x 1m x 0,3m)

unos 1.200 gramos de lombrices por cama. Al cabo de 90 días la población inicial de 2.400 lombrices habrá aumentado a 23.247 lombrices por cama.

- *Elaboración del humus por las lombrices:* Las lombrices al introducirse en los lechos de alimento buscan huir de la luz solar, por lo que se van hacia el fondo. Van haciendo túneles que hace que la materia se llene de aire y ya no se caliente, efecto de su descomposición; y deje de fermentar (acidez). Al mismo tiempo que van haciendo túneles, van segregando por su piel un líquido viscoso que le ayuda a deslizarse, es una sustancia enzimática (como la saliva) que hace que la materia orgánica se descomponga y quede lista para que las lombrices la ingieren. La lombriz succiona el alimento por la boca, utilizando la faringe como bomba aspirante, pasa al esófago y luego al buche, donde el alimento es almacenado por un tiempo, para luego pasar por la molleja, donde con ayuda de partículas del suelo, este es triturado. Por último, pasa al intestino grueso y es expulsado por el ano.

Las lombrices digieren la materia orgánica uniformemente de tal forma que, al cosechar el humus, se cosecha un producto totalmente procesado. Un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados, no por el proceso digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana que se lleva a cabo durante el período de reposo de la materia orgánica dentro de su lecho (hay un incremento de 1000 veces en el número de microorganismos en el material resultante). En el sistema digestivo de la lombriz se encuentran las glándulas calcáreas, cuya función es secretar carbonato de calcio para neutralizar los ácidos orgánicos presentes en el alimento. A los 25 a 30 días después de la siembra, se procede a alimentar a las lombrices en capas de materia orgánica de 5 a 10 centímetros de grosor. Esto se repite cada 15 a 20 días, pues en este tiempo se estima que las lombrices ya han consumido en su totalidad el alimento anterior.

Este alimento es el que proviene de los camellones previamente en proceso de descomposición. Se debe aplicar aproximadamente 5 centímetros, a todo lo largo del cajón o cuna. Es importante observar si la capa superior del alimento anterior esté trillada, con bastante material fino, lo cual significa que las lombrices están comiendo bien y que el alimento es de su agrado, incluso se verá lombrices a pocos milímetros de profundidad. Si es demasiado el material fino, quiere decir que la cantidad del alimento, o la frecuencia de alimentación debe aumentarse.

- *Extracción de lombrices:* Al cabo de los 2,5 a 3 meses las lombrices han transformado todos los residuos en humus, entonces se requiere extraer las lombrices para sacarlo. Antes de que termine el ciclo de producción del humus (de 15 a 7 días antes) se alimenta a las lombrices con cebo animal en bloque, colocando sobre la cuna, entre 3 y 4 centímetros de cebo, se moja y se cubre con media sombra. Al cabo de 72 horas, este se llenará de lombrices y se procederá a la extracción de estas, sacando de 5 a 7 centímetros de la capa superior utilizando una horquilla carbonera y sembrándolas en otra cuna. Otra forma, es dejar por 2 días consecutivos, el cajón sin riego, y luego colocando cinco porciones, o trampas, de alimento, distribuidas en lugares diferentes. Estas trampas se riegan a diario, teniendo la precaución de que el agua de riego no se filtre a los perfiles inferiores del cajón.

Con esto se logra que las lombrices se movilicen únicamente a las trampas (único lugar con humedad en ese momento). Aproximadamente al tercer día, la trampa se encuentra llena de lombrices, por lo que se procede a extraerlas y son llevadas a un nuevo cajón. Otra forma y es la cual utilizaremos en este proyecto, es dejarlas sin alimentación una semana, cuando estén hambrientas colocar comida en un rincón o en los dos extremos de la cama, al otro día casi todas estarán comiendo y se podrán sacar. Dependiendo del número de lombrices que tenga el cajón, y la forma que realice el trampeo, se deberá repetir este por una o dos semanas, hasta que la cantidad de lombrices atrapadas en las trampas sea insignificante.

- *Cosecha del humus:* Luego de la extracción de las lombrices se efectúa la cosecha del humus inmediatamente. Se cosecha un producto totalmente procesado, debido a que las lombrices digieren la materia orgánica uniformemente. Por cada tonelada de alimento que se coloca en una cuna, se extrae media tonelada de humus. Un metro cúbico de humus pesa 500 kilogramos. Su peso específico es de 0,5-0,6 kilogramos. Si contiene más de estos valores puede contener tierra. El lombricompuesto que se



extrae no está totalmente listo, pero este sigue su proceso, en un corto tiempo, por medio de la acción de las bacterias y de las lombrices que quedan en él.

- *Capacidad de producción:* Sabiendo que una lombriz pesa un promedio de 0.5 gramos se determinó que la población inicial será de 2.400 lombrices por cama (8 camas en total), en camas de 0,6 metros cúbicos (2 x 1 x 0,3 metros) unos 1.230 gramos de lombrices por cama, donde estas empezarán el trabajo de reproducción y producción de una forma exponencial, según condiciones especificadas anteriormente. Dos mil lombrices producen aproximadamente 0,6 kilogramos de humus por día. Al cabo de 90 días la población inicial de 2.400 lombrices habrá aumentado a 23.248 lombrices por cama, sabiendo además que, del alimento consumido, el 60% es transformado en humus, lo que se traduce en una producción de humus de 6,974 kg/día al cabo de 90 días por cama.

#### 4.4.7 Plan Financiero

A continuación, se evalúa, en términos económicos, toda la configuración propuesta a través del transcurso del estudio. En la Tabla 2 se muestra el resumen de inversiones en activos fijos en dólares.

**Tabla 2.** Resumen de inversiones en activos fijos en dólares estadounidenses

Activos Fijos	Valor unitario en dólares	Cantidad	Costo total puesto en planta	Vida útil operacional
Lombrices kg	25	10	250	10
Chipeadora	495	1	495	15
Cunas/Camas	70	8	560	30
Palas	10	2	20	3
Rastrillo	9	2	18	3
Carretilla	45	2	90	3
Balanza	30	1	30	7
Aspersor	110	2	220	5
pH metro	50	1	50	5
Escritorio	265	2	530	9
Notebook	400	2	800	6
Impresora	165	1	165	4
Higrómetro	22	1	22	7
Máquina Coser	120	1	120	20
Harnero	270	1	270	17
Camioneta	15.100	1	15.100	10
Terreno	7.500	1	7.500	N/A
Radier 30 m3	3.150	1	3.150	30
Galpón 200 m2	7.000	1	7.000	25
Bodegas/oficina	1.350	3	4.050	15
Total inversión en dólares				40.440

El plan financiero tiene por objetivo determinar dos indicadores de interés que permitirán evaluar si el proyecto es rentable o no, estos indicadores son el valor actual neto VAN y la tasa interna de retorno TIR. El proyecto se evalúa en 3 escenarios distintos, por lo que la demanda esperada será sensible frente a estos escenarios, Por un lado se aplica al precio de venta por Kg de humus de lombriz y de hace variar un 30% de manera incremental como decremental, dando lugar a 3 escenarios posibles, uno optimista, uno normal y pesimista, ya que tomando en cuenta esta variación, existe el punto de equilibrio del precio de venta mínimo que se puede comercializar este producto, sin tener pérdidas ni tampoco ganancias. Además, se busca igualar el promedio del precio de venta del mercado, a través del escenario optimista.

Los escenarios son: escenario normal o probable, escenario optimista y escenario pesimista. Junto con lo ya señalado, es importante destacar que la finalidad de realizar el análisis de sensibilidad correspondiente es para determinar los elementos de origen estocástico que pueden afectar la rentabilidad del proyecto, de manera de poder cuantificar el riesgo y poder establecer medidas de mitigación al respecto. El periodo de recuperación de la inversión en el escenario normal es al cuarto año con un VAN de 114 mil dólares y una TIR del 37%. Para el escenario optimista el retorno se logra en el tercer año con un VAN de 260 mil dólares y una TIR del 65%. Mientras que para el escenario pesimista el retorno se logra en el octavo año con un VAN de 2.600 dólares y una TIR del 16%. En la Figura 3 se muestran los resultados del análisis de sensibilidad.

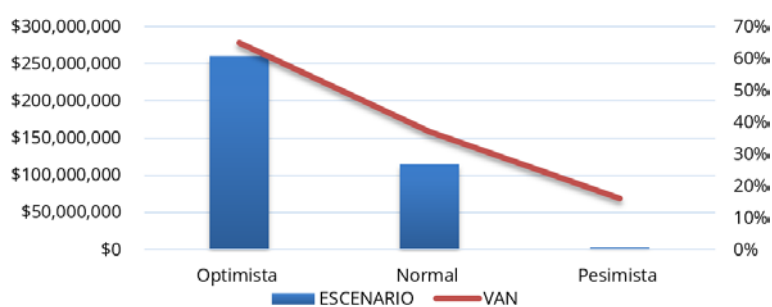


Figura 3. Análisis de sensibilidad

#### 4.4.8 Modelo de negocios Canvas

En la Tabla 3 se presenta el lienzo del modelo Lean Canvas para la comercialización de humus para generar una propuesta de valor que logrará diferenciarse de la competencia por calidad y oferta de productos, con un equipo de colaboradores capacitados para brindar el mejor servicio y atención hacia el cliente.

Tabla 3. Lienzo modelo Lean Canvas comercialización de humus

Socios claves	Actividades claves	Propuesta de valor	Relación con cliente	Segmentos de clientes
Residuos domiciliarios. Parcelas. Ferias itinerantes. Terminal agropecuario.	Recolección de residuos orgánicos. Sostenibilidad de la lombriz. Comercialización y difusión del producto.	Humus Tarapacá, ofrece a sus clientes un producto 100% orgánico para el abono y fertilización de cultivos, pioneros en la región.	Venta y entrega personalizada. Precio preferencial a mayoristas. Ferias agropecuarias. Entrega técnica especializada y capacitación de vendedores.	Agricultores y establecimientos especializados en el rubro agropecuario.
	<b>Recursos claves</b> Capital financiero. Personal técnico especializado. Personal de ventas. Terrenos e infraestructura. Maquinaria y equipamiento.	Regenerando las propiedades de los suelos de manera natural, libre de procesos químicos. De esta manera contribuye responsablemente en el cuidado del medio ambiente.	<b>Canales de distribución y comunicación</b> Comercializadoras de abonos y fertilizantes. Directa a agricultores y sitios web.	
<b>Estructura de costos</b>		<b>Flujos de ingreso</b>		
Adquisición de terreno y compra de maquinarias. Transporte y recolección de materia prima.		Venta todo tipo de pago para agricultores y pequeños clientes. Transacción bancaria y pago con factura para comercializadoras.		

## 5. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el negocio del humus de lombriz, producido mediante la transformación de la materia orgánica por medio de la lombriz roja de California, está recién comenzando en Chile, abriéndose una gran oportunidad de negocios. Es importante destacar que la puesta en marcha y funcionamiento de este tipo de planta fomenta la creación de empleo y desarrolla nuevas técnicas para la reutilización y reciclado de la materia orgánica, lo cual debe empujar a las autoridades a favorecer y fomentar estas opciones, ya que es un negocio que mueve recursos, tal como sucede en países desarrollados.

Además, el aprovechamiento de la materia orgánica para su reutilización y reciclado supone un importante ahorro de recursos y de energía, así como también una disminución de los residuos producidos, entregando beneficios desde el punto de vista medio ambiental. Por otra parte, es necesario tener en cuenta que, como todo ciclo de vida de un producto, éste tiene un fin, por lo tanto, una forma en que el proyecto siga su curso es desarrollar nuevas unidades estratégicas de negocios, como, por ejemplo, humus de lombriz líquido o fertilizantes orgánicos líquidos.

Se cumple con realizar el análisis estratégico con las herramientas necesarias (PESTEL y las 5 fuerzas de Porter) para obtener un panorama completo del plan de negocios. Sin embargo, es preciso destacar, a modo que el presente proyecto es con fines docentes, no se realizaron *focus group* con panel de expertos, para

determinar el análisis interno y externo, sino por el contrario se realizó a base de información obtenida de fuentes primarias y secundarias (memorias, entrevistas, encuestas y noticias locales). Con esto se fortalece la información para la creación de este proyecto, ya que existe una alta demanda del producto en la zona y que además esta propuesta de negocio cuenta con varias fortalezas como lo son la calidad y variedad del producto que se estima entregar, así como también la buena ubicación y logística. Dado lo anterior era necesario tener un plan estratégico para poder insertar en el mercado este plan de negocios.

Se elaboran los objetivos estratégicos en base a la justificación del tema y sus alcances, conllevando a que cada uno de los puntos planteados permiten obtener una eficiencia en el desarrollo de este proyecto, logrando con esto la satisfacción del cliente, productividad y rentabilidad, permitiendo generar 4 objetivos específicos que fueron tratados cada uno con una metodología de desarrollo que pudiera dar cumplimiento a las metas propuestas.

La factibilidad de este proyecto se demuestra con una investigación de mercado basada en fuentes primarias y secundarias, el desarrollo y aplicación de una encuesta de elaboración propia de hábitos y preferencias de consumo de abono. Los resultados y análisis de la encuesta permiten estimar el mercado consumidor los cuales corresponden a los rubros de agricultores principalmente. El análisis estratégico de la situación actual compuesto por los análisis de las 5 fuerzas de Porter y PESTEL. Permite concluir que se deben tomar medidas que permitan garantizar que la empresa compita correctamente en un mercado competitivo y atomizado. El análisis de Porter indica que es conveniente entrar en el sector siempre y cuando se haga en base a un abono natural que permita diferenciarse de la competencia. Dado el poder de negociación de los clientes (medio-bajo) y el nivel medio de productos sustitutos se debe ser tomador de precios para aquellos productos que no logren diferenciarse de los ya existentes en el mercado.

Por otra parte, el análisis PESTEL permite señalar que la situación económica, política y social actual es compleja, debido a los últimos acontecimientos ocurridos en el país, lo que ha traído consecuencias económicas graves e inestabilidad en el mercado. Sin embargo, el análisis económico-financiero sensibilizado en tres escenarios se revela como un negocio medianamente rentable con VAN positivos y TIR mayor a la TMAR en los tres escenarios propuestos, recuperando la inversión en el año 4 (normal), 3 (optimista) y 8 (pesimista) respectivamente. Por lo tanto, implementar un negocio de estas características es propicio dado su rentabilidad y su contribución al medio ambiente. Finalmente, se propone un plan de implementación basado en modelo de negocios canvas donde se establece el modelo de negocios del proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] Parlamento europeo. (2008). Directiva 2008/98/CE. Sobre los residuos y por la que se derogan determinadas directivas.
- [2] Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Sistema nacional de declaración de residuos (SINADER). Recuperado: <https://portalvu.mma.gob.cl/sinader/>
- [3] Sapag N. y Sapag R. (2004). Preparación y evaluación de proyectos. McGraw-Hill.
- [4] Chain N. et al. (2000). Preparación y evaluación de proyectos. McGraw-Hill.
- [5] Flores J. (2012). Plan de negocios para pequeñas empresas. Editorial U-Transversal.
- [6] Valencia W. y Pinto E. (2013). Los planes de negocios y los proyectos de inversión: similitudes y diferencias. *Industrial Data* 16(1), 80-84.
- [7] Castro G. et al. (2019). Modelo de negocio Canvas de la panadería Adriano Palta de la parroquia Tababela. *Revista Científica UISRAEL* 6(1), 43-55.
- [8] Osterwalder A. y Pigneur Y. (2010). *Business model generation. A handbook for visionaries, games changers, and challengers.* Wiley.
- [9] Amador C. (2022). El análisis PESTEL. *Boletín Científico de la Escuela Preparatoria* 4(8), 1-2.
- [10] Michaux S. y Cadiat A. (2016). Las cinco fuerzas de Porter: Cómo diferenciarse de la competencia con éxito. *Economía y empresa.*
- [11] Corporación de fomento a la producción. (2010). Informe técnico. Recuperado: <https://www.corfo.cl/sites/cpp/homecorfo>
- [12] Servicio de cooperación técnica. (2009). Informe técnico. Recuperado: <https://www.sercotec.cl/>
- [13] Banco Mundial. (2021). Chile economías de más rápido crecimiento en LATAM.
- [14] Instituto Nacional de Estadística. (2014). Informe técnico. Recuperado: [https://www.ine.cl/prensa/2021/08/31/tasa-de-desocupaci%C3%B3n-nacional-alcanz%C3%B3-8-9-en-el-trimestre-m%C3%B3vil-mayo-julio-de-2021#:~:text=Un%208%2C9%25%20fue%20la,2%20puntos%20porcentuales%20\(pp.\)](https://www.ine.cl/prensa/2021/08/31/tasa-de-desocupaci%C3%B3n-nacional-alcanz%C3%B3-8-9-en-el-trimestre-m%C3%B3vil-mayo-julio-de-2021#:~:text=Un%208%2C9%25%20fue%20la,2%20puntos%20porcentuales%20(pp.))
- [15] Organización Internacional del Trabajo. (2012). Informe técnico. Recuperado: [https://www.ilo.org/santiago/sala-de-prensa/WCMS\\_761927/lang-es/index.htm](https://www.ilo.org/santiago/sala-de-prensa/WCMS_761927/lang-es/index.htm)
- [16] La tercera. (2008). Crecimiento económico de Chile según FMI. Recuperado: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/chile-liderara-crecimiento-regional-en-2021-y-sera-uno-de-los-ganadores-de-la-transformacion-verde-segun-el-fmi/AGF45UDG2ZBRZOQHL6Y72BNJC4/>
- [17] Ministerio de economía. (2011). Informe técnico. Recuperado: <https://www.economia.gob.cl/>
- [18] Global entrepreneurship monitor Chile. (2013) Informe técnico. Recuperado: <https://negocios.udd.cl/gemchile/>
- [19] Ministerio del medio ambiente. (2018). Decreto de ley 21.100. Chile.
- [20] Instituto Nacional de Normalización. (2015). Norma chilena del compost nch 2880.of2004. Chile.
- [21] Ministerio secretaría general de la presidencia. (1994). Decreto de ley 19.300. Chile.
- [22] Friedman M. (1982). *Teoría de los precios.* Alianza Editorial.
- [23] Rodríguez N. et al. (2009). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra latinoamericana* 27(1), 319-327.

# Análisis de impactos urbanos de ampliación aeroportuaria. Caso de estudio: Aeropuerto El Dorado, Bogotá, Colombia

Oscar Díaz Olariaga<sup>1</sup>  
*Universidad Santo Tomás, Colombia*

El Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá, Colombia, comenzó operaciones a finales de la década de 1950, y desde la liberalización del transporte aéreo en el país en 1991, la demanda de tráfico aéreo en el aeropuerto ha sido relevante, especialmente luego de su privatización en 2007, lo que llevó a la ejecución de dos importantes ampliaciones de la terminal aérea. La proyección de la demanda del actual plan maestro del aeropuerto exige, a corto plazo, nuevas y relevantes ampliaciones del aeropuerto: por un lado, para absorber la demanda prevista y, por otro, no frenar el desarrollo y la competitividad de la principal terminal aérea del país. En base a esta circunstancia, a finales de 2022 el gobierno nacional aprobó la prefactibilidad de ampliación del aeropuerto (que dará inicio a principios del 2025). Debido a que todo proyecto aeroportuario tiene un fuerte impacto ambiental, social, predial, económico, etc. en el entorno urbano en el que se encuentra ubicado, el objetivo de este capítulo es presentar un análisis y evaluación con enfoque urbano-territorial, a los probables impactos y afectaciones del proyecto de ampliación del Aeropuerto El Dorado.

---

<sup>1</sup> Doctor en Ingeniería Aeronáutica. Contacto: [oscardiazolariaga@usta.edu.co](mailto:oscardiazolariaga@usta.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Muchos aeropuertos importantes a nivel mundial están congestionados, situación que se presenta cuando la demanda supera la capacidad instalada de la infraestructura. La congestión crea retrasos de los vuelos programados y una diversidad de problemas tanto para las aerolíneas como los pasajeros y obviamente también para el aeropuerto [1-3]. Además, estos grandes aeropuertos, generalmente antiguos, construidos y operativos desde hace varias décadas (muchos incluso más de medio siglo), ahora están rodeados por comunidades (desarrollo urbano intensivo) que se ven afectadas negativamente por el tráfico, el ruido y la contaminación ambiental generada por el aeropuerto [4]. Así, el problema del transporte aéreo se ve agravado por un problema ambiental [5].

A corto plazo, algunos de los efectos de la congestión del tráfico y los problemas ambientales se pueden mitigar mediante una planificación y gestión activa. Los peores aspectos de la congestión del tráfico pueden reducirse mediante una batería de estrategias y regulaciones. Por ejemplo, aplicar tasas aeronáuticas más elevadas en los períodos de mayor demanda reorienta parte del tráfico a diferentes horarios o incluso a otros aeropuertos, lo que reduce los niveles máximos de congestión [6]. Alternativamente, el racionamiento del número de operaciones durante los períodos pico por mandato regulatorio puede tener un efecto similar. El problema de la contaminación acústica también puede ser mitigado por la utilización de patrones (o protocolos) en las maniobras de aterrizaje y despegue [7]. Y finalmente, la mitigación puede llegar hasta a la reducción total de las operaciones en horario nocturno.

Pero cuando la demanda sigue aumentando, y los pronósticos estiman lo que seguirá haciendo en el futuro, el aumento de la capacidad del aeropuerto (es decir, la ampliación/expansión de su infraestructura) se transforma en la solución inevitable a los problemas de la congestión del aeropuerto [8]. La forma en que se debe construir una capacidad aeroportuaria adicional es un tema de política pública importante para los gobiernos locales, regionales e incluso nacionales [9].

Entonces, la situación antes mencionada se presenta en el Aeropuerto Internacional El Dorado, caso de estudio de la presente investigación. Este aeropuerto comenzó operaciones al final de la década de 1950. Originalmente, el desarrollo de su tráfico, y por lo tanto de sus infraestructuras e instalaciones, fue muy lento. Por otro lado, aunque el aeropuerto se construyó en zona prácticamente rural (no urbanizada), a los pocos años empezó un desarrollo urbano en su entorno, preponderantemente informal (es decir, no ordenado ni controlado), que prácticamente no cesó hasta el presente (y cercando, literalmente, al aeropuerto en tres de sus cuatro caras) [10].

A principios de la década de 1990 el transporte aéreo se liberaliza en el país lo que da pie, entre otros hechos, a la privatización de los aeropuertos del país; con ello la demanda de transporte aéreo, a nivel nacional, empieza a crecer y se dispara a partir de mediados de la década del 2000 cuando el aeropuerto se privatiza [11, 12], por lo que este aeropuerto lidera e impulsa el crecimiento del transporte aéreo en el país. Desde esa época, 2007, por un lado, el aeropuerto ha experimentado dos grandes ampliaciones, y por otro, el entorno del aeropuerto ha visto un relevante e incesante desarrollo urbano en su entorno.

Ahora bien, debido a que las últimas (y más recientes) proyecciones de demanda de transporte aéreo en aeropuerto indican que la misma seguirá en aumento [13], los planificadores urgen el desarrollo de más ampliaciones del aeropuerto. En base a esta circunstancia, el gobierno nacional de Colombia aprobó en diciembre de 2022 la prefactibilidad de ampliación del aeropuerto. Por todo esto, en este capítulo se analiza, con un enfoque urbano-territorial, los estimados (o previstos) impactos y afectaciones, tanto positivos como negativos, del proyecto de ampliación del Aeropuerto El Dorado.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Plan maestro aeroportuario

El desarrollo de un aeropuerto está total y exclusivamente guiado por su Plan Maestro. Los planes maestros de aeropuertos se preparan para apoyar la modernización o expansión de los aeropuertos existentes o la

creación de un nuevo aeropuerto. El plan maestro sirve también como base para la estrategia de gestión del propietario o gestor/operador del aeropuerto [14].

El objetivo de un plan maestro es proporcionar el marco necesario para guiar el desarrollo futuro del aeropuerto que satisfaga de manera rentable la demanda de transporte aéreo, al mismo tiempo que considera los impactos ambientales y socioeconómicos potenciales. A nivel mundial, muchas autoridades aeroportuarias nacionales recomiendan que los planificadores consideren los posibles costos ambientales y socioeconómicos asociados con los conceptos de desarrollo alternativo y los posibles medios para evitar, minimizar o mitigar los impactos en los recursos sensibles con el nivel de detalle apropiado para la planificación de las instalaciones [15].

La estructura y el contenido del plan maestro aeroportuario pueden variar de un país a otro, aunque por lo general suelen ser muy similares, ya que las autoridades aeronáuticas nacionales de los casi todos los países aceptan e incorporan, de una forma casi estricta, las directivas y recomendaciones relacionadas de la Organización de Aviación Civil Internacional OACI [16].

## **2.2 Relación-integración aeropuerto-ciudad**

Un aeropuerto constituye un elemento de modernización, e impulsor de desarrollo, del área metropolitana en el que se encuentra, favoreciendo la conexión de sistemas productivos, centros de consumo y la creación de nuevos centros de producción. Por otro lado, y dependiendo del tamaño del aeropuerto, este favorece la combinación y la integración de los distintos modos de transporte a nivel local, regional e incluso nacional. El aeropuerto contribuye en gran medida al equilibrio del territorio, favoreciendo la cohesión económica y social, y generando nuevas actividades económicas que a su vez atraen nuevas tecnologías que contribuyen a la modernización de las estructuras productivas [17, 18].

En este contexto, de crecimiento económico y social, el desarrollo de un aeropuerto (o la construcción de uno nuevo) lleva aparejado inevitablemente el desarrollo en su entorno de formas de asentamientos de tipo urbano. Esta creación de tejido urbano en el entorno próximo a los aeropuertos es la que se verá en muchos casos posteriormente afectada por la actividad del propio aeropuerto [17, 19].

En general, el desarrollo económico y social asociado a una infraestructura aeroportuaria lleva siempre aparejado una importante evolución del territorio próximo a estas infraestructuras, produciéndose con el paso del tiempo situaciones singulares, que pueden llegar a poner en peligro la propia actividad del aeropuerto, salvo que las autoridades locales competentes en materia de planificación del territorio hayan realizado con la suficiente antelación restricciones en los usos del suelo en las áreas próximas al sistema aeroportuario; aunque a veces, se produce el efecto contrario y es el aeropuerto como consecuencia de una ampliación, el que puede llegar a invadir y producir impactos medioambientales adversos en las poblaciones próximas al mismo [20].

Finalmente, en la actualidad uno de los obstáculos más importantes que puede encontrar el transporte aéreo para su desarrollo es el impacto en el medioambiente, por toda la contestación social que produce dicha actividad en las poblaciones que residen en las proximidades del aeropuerto.

Por ello, los reguladores ambientales nacionales, y en casi la mayoría de los países, exigen, como mínimo, de todo nuevo proyecto aeroportuario (ya sea de ampliación o de construcción de un nuevo aeropuerto) un estudio de impacto ambiental y un plan de mitigación (de los impactos ambientales esperados o previstos) [21].

## **2.3 Marco de evaluación ambiental e identificación de impactos ambientales**

A continuación, y para los medios o componentes ambientales usuales en este tipo de análisis, se describen los aspectos ambientales que son susceptibles de ser afectados por las actuaciones de ampliación/expansión de un aeropuerto, o construcción de uno nuevo [22-27].

### 2.3.1 Suelos

- Impacto 1: *cambios en características de suelos*. Descripción: se refiere a la disminución de la capacidad del suelo para sostener la vida o cumplir con sus funciones ambientales. Así mismo, se puede considerar como la disminución en la calidad del suelo que se ve reflejada en cambios adversos sobre sus propiedades o procesos que afectan negativamente los ciclos biogeoquímicos y el funcionamiento de los ecosistemas. El cambio en las características de los suelos puede presentarse a nivel físico, químico y biológico, sin embargo, suele ser comprendida como la erosión que consiste en la pérdida físico-mecánica del suelo causada por el agua, viento y la acción humana, etc.
- Impacto 2: *cambios en patrones de infiltración*. Descripción: los cambios en los patrones de infiltración corresponden a la cantidad máxima de agua que un suelo puede absorber dependiendo de sus propiedades físicas; de manera que, de estos cambios dependen otras funciones eco-sistémico de los suelos. Los cambios en esta capacidad se entienden como las variaciones en la cantidad, cuánta agua puede infiltrar el suelo, y la temporalidad del proceso, en que tiempo absorben esa cantidad de agua.
- Impacto 3: *cambios en uso de suelos*. Descripción: el cambio de uso del suelo corresponde a la transformación de los usos actuales del suelo para convertirla a otros usos, puede originar la degradación de la calidad de la vegetación modificando la densidad y la composición de las especies presentes. Algunos factores que causan el cambio de uso de suelo son la agricultura, ganadería y ampliación de infraestructuras. Entre las consecuencias más importantes del cambio de uso de suelo se encuentra la pérdida de la biodiversidad y los servicios ambientales.
- Impacto 4: *contaminación de suelos por vertimientos*. Descripción: la contaminación por vertimientos en los suelos se comprende como las afectaciones en las propiedades del suelo, principalmente en las propiedades químicas, derivadas del vertimiento de sustancias de uso doméstico, comercial e industrial. Estas afectaciones influyen en el desarrollo de otros procesos y funciones del suelo, como la infiltración, retención y recarga de agua subterránea, y por ende en el del ecosistema en términos generales.

### 2.3.2 Hidrología

- Impacto 1: *cambios en disponibilidad hídrica*. Descripción: corresponde a la porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y suplir todas las necesidades de infiltración y evaporación de un ecosistema, escurre hacia cauces mayores como quebradas, ríos y lagunas hasta llegar al mar. Esta oferta hídrica corresponde de igual forma al volumen disponible de agua para satisfacer las demandas de los ecosistemas y el hombre.
- Impacto 2: *alteración de calidad del agua*. Descripción: la calidad del agua se evalúa considerando el uso del recurso, es decir que la calidad del agua se mide en torno a las condiciones que ofrece el agua para llevar a cabo funciones vitales, por ejemplo, que se encuentre en condiciones óptimas para garantizar la vida de la fauna acuática o para consumo humano. Esta calidad puede ser analizada a partir de sus características fisicoquímicas tales como olor, sabor, color, temperatura, pH, turbiedad y sólidos solubles e insolubles, entre otros. A nivel fisicoquímico se consideran factores de alteración sustancias como aceites, grasas, agentes espumantes, cloruros, fenoles, fluoruros, asbesto, arsénico, cianuro, aluminio, nitratos, nitritos, hidrocarburos, materia orgánica, entre otros.

Este impacto se evalúa teniendo en cuenta las variaciones que pueden sufrir las características fisicoquímicas del agua, así como las modificaciones de parámetros que podrían sobrepasar los límites máximos permisibles, debido al desarrollo de las actuaciones de la alternativa seleccionada. Así mismo, la calidad del agua puede medirse desde las características microbiológicas considerando la presencia o no de microorganismos indicadores de la calidad: coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, y recuento de Aerobios Mesófilos. Este impacto se evalúa considerando la posibilidad de que estas características puedan o no superar los límites máximos permisibles por la normatividad ambiental vigente de acuerdo con el uso dado al recurso.



### 2.3.3 Atmosférico

- Impacto 1: *emisión de gases y partículas*. Descripción: la calidad del aire puede verse afectada por la emisión de material particulado y gases contaminantes, que debido a su tamaño y densidad permanecen suspendidos en el aire por largos tiempos, dentro de su composición se encuentra elementos como metales, sales, materiales carbonosos, compuestos volátiles COV, hidrocarburos aromáticos policíclicos HAP y endotoxinas, que no solo disminuyen la calidad del aire, sino que limitan las funciones de todo un ecosistema. Este impacto se mide considerando la posible afectación a la calidad del aire por emisión de material particulado y gases derivados de las diferentes fases de la alternativa, este impacto se asocia a las funciones de las corrientes de aire, los ciclos biogeoquímicos y la salud y calidad de vida de la comunidad aeroportuaria y su población aledaña.
- Impacto 2: *generación de vibraciones*. Descripción: de igual forma, la calidad del aire está asociada con los niveles de presión sonora ya que estos influyen en el desarrollo de las especies que conviven en un ecosistema. En proyectos de infraestructura este es uno de los factores que puede presentarse ocasionado afectaciones considerables en el ecosistema, por ende, este impacto se va a evaluar como un impacto negativo, considerando el posible aumento de la presión sonora en las diferentes fases de la alternativa.
- Impacto 3: *generación de niveles de ruido*. Descripción: de igual forma, la calidad del aire está asociada con los niveles de presión sonora ya que estos influyen en el desarrollo de las especies que conviven en un ecosistema. En proyectos de infraestructura este es uno de los factores que puede presentarse ocasionado afectaciones considerables en el ecosistema, por ende, este impacto se va a evaluar como un impacto negativo, considerando el posible aumento de la presión sonora en las diferentes fases de la alternativa.

### 2.3.4 Transformación del paisaje

- Impacto: *alteración del paisaje natural*. Descripción: con respecto a la alteración del paisaje natural, este impacto se evaluará teniendo en cuenta no solo los cambios sobre la geomorfología del territorio sino también sobre la percepción visual y cultural de la comunidad que habita en la zona.

### 2.3.5 Ecosistemas

- Impacto 1: *fragmentación de ecosistemas*. Descripción: la fragmentación es el proceso de división de un ecosistema o hábitat continuo en secciones, los fragmentos que resultan suelen ser de menor tamaño y aislados con respecto al ecosistema original, adicionalmente suelen presentar el efecto borde. Esta fragmentación puede producirse por la transformación del paisaje debido, principalmente, a actividades antrópicas, esta fragmentación impacta en el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos, la dinámica de la fauna silvestre y las actividades humanas. Este impacto se evalúa considerando la posible fragmentación de ecosistemas con alta importancia ambiental durante una o varias actuaciones de la alternativa.
- Impacto 2: *afectación de áreas de interés ambiental*. Descripción: este impacto se evalúa teniendo en cuenta las afectaciones sobre áreas de interés ambiental a nivel Nacional, Regional o Local en una o más actuaciones de la alternativa. Cabe resaltar que dichas afectaciones pueden concebirse como uso de recursos naturales del área o expansión sobre la misma, entre otros, estas afectaciones deben ser contempladas al momento de tramitar los permisos ambientales aplicables o cambios en el instrumento ambiental del aeropuerto.

### 2.3.6 Vegetación

- Impacto: *cambios en coberturas vegetales*. Descripción: Este impacto se evalúa teniendo en cuenta la transformación de las coberturas vegetales actuales del territorio, está directamente asociado al uso del suelo.

### 2.3.7 Fauna

- Impacto: *modificación dinámica de fauna silvestre*. Descripción: el desarrollo de diferentes actividades antrópicas puede ocasionar cambios en la distribución, composición, alimentación e interacción entre especies, dichos cambios suelen ser negativos debido a la sensibilidad de la fauna para adaptarse o recuperarse. Este impacto puede presentarse de forma directa e indirecta, por lo cual se evalúa tomando como referencia los impactos anteriormente descritos que pueden generar afectaciones indirectas sobre la fauna silvestre. La modificación de la dinámica poblacional de fauna silvestre se encuentra directamente relacionada con el cambio en las coberturas vegetales, razón por la cual, las actividades que generan un impacto sobre las coberturas generan a su vez un impacto sobre la fauna, es decir, corresponde a un impacto sinérgico.

## 2.4 Marco de evaluación de impactos sociales

En un proyecto aeroportuario, ya sea de ampliación importante, o en el caso de construcción de un nuevo aeropuerto, el medio socioeconómico suele verse afectado cuando en su territorio se desarrollan obras de infraestructura. Esto, debido a la afectación que genera este tipo de proyectos en la tenencia y valor del suelo, en donde las dinámicas culturales, económicas, comunitarias e institucionales presentan algún tipo de impacto, el cual puede considerarse como positivo o negativo, dependiendo de la comunidad impactada, efectos de la obra y tipo de relaciones que el constructor genere con la comunidad [4].

Con el fin de valorar los impactos a nivel socioeconómico que se presentan en el área de influencia directa se utiliza la metodología desarrollada para el análisis de impactos ambientales según [28]. Respecto al medio socioeconómico se realiza valoración por componentes, con el fin de identificar aquellos impactos que se consideran los más significativos e importantes, para así determinar acciones sociales pertinentes que permitan el adecuado manejo.

### 1. Componente político

- *Relaciones sociales*: conflictos sociales por desarrollo aeroportuario.
- *Dinámica institucional*: cambio en las relaciones entre las organizaciones públicas, privadas y la comunidad.

### 2. Componente demográfico

- *Dinámica poblacional*
  - Movilidad poblacional por desarrollo del proyecto aeroportuario.
  - Cambios en las dinámicas diarias de la población (espacios de tránsito).
  - Cambios en las dinámicas de usuarios y trabajadores del terminal aeroportuario.

### 3. Componente cultural

- *Uso y manejo del entorno*: cambios en las dinámicas culturales con respecto al territorio.

### 4. Componente espacial

- *Infraestructura*:
  - Cambios en el estado de infraestructura vial.
  - Cambios en la infraestructura habitacional.
  - Mejoramiento de las infraestructuras de servicios públicos.

### 5. Componente económico

- *Bienes inmuebles*:
  - Tenencia del suelo.
  - Cambio en el precio del suelo.
- *Mercado laboral*
  - Generación de empleo.
  - Cambio de las actividades económicas en el área de intervención.

- Fortalecimiento de la actividad comercial y turística.
- Accidentes laborales y de terceros.

### 3. MÉTODO

El presente capítulo es del tipo análisis de caso de estudio, por lo tanto, su enfoque y planteamiento, de carácter descriptivo, y se desarrolla de la siguiente manera. En primer lugar, en el marco teórico, se introduce al lector en los conceptos fundamentales, con un fuerte enfoque urbano, que implican (y afectan) el desarrollo de un proyecto aeroportuario (ya sea la ampliación/expansión de uno existente o la construcción de uno nuevo) en la relación a la ciudad en la que encuentra (y a la cual sirve). Paso seguido, se desarrolla, de forma amplia y detallada, los resultados y análisis de la investigación, enfocado en el caso de estudio. Finalmente, el trabajo de cierra con las oportunas conclusiones.

### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 4.1 Características generales del aeropuerto

El Aeropuerto El Dorado (H24, código IATA: aeropuerto; código OACI: SKBO) es el único aeropuerto comercial que sirve a la ciudad de Bogotá, es de propiedad pública, pero con operación concesionada desde 2007 a la empresa OPAIN S.A. [12], año en que el aeropuerto experimentó el inicio de una importante ampliación de su infraestructura e instalaciones (principalmente el nuevo edificio terminal de pasajeros), con una inversión de USD 650 millones, y que culminó en 2013. En 2015 inició una segunda ampliación que finalizó en 2018.

El aeropuerto (situado a 2.548 m sobre el nivel del mar) cuenta con un área aproximada de 975 ha, se encuentra a 12 km del centro de la ciudad, y limita con las localidades de Fontibón y Engativá (en sus caras sur y norte respectivamente y también en toda la cara oriental del aeropuerto), ambas pertenecientes, administrativamente, a la ciudad de Bogotá, y por el río Bogotá y humedales pertenecientes a la zona rural de la ciudad de Funza en su cara occidental (Figura 1). El aeropuerto cuenta con un sistema de dos pistas paralelas, 13L/31R (pista norte) y 13R/31L (pista sur), ambas para operaciones de despegue y aterrizaje, y cada una con una longitud y ancho de 3.800 x 45 m [29]; la clave de referencia del aeródromo es 4-E. Las estadísticas para 2019, previo al periodo pandémico (2020 y 2021), indican que el aeropuerto movilizó 35 millones de pasajeros totales (domésticos más internacionales), y 710 mil toneladas de carga aérea total [30]. Para 018, en el aeropuerto trabajaban, aproximadamente, 23.000 personas [10].



Figura 1. Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá [13]

El aeropuerto ha liderado e impulsado el desarrollo del tráfico aéreo a nivel nacional en las últimas dos décadas y media; desde el año de la liberalización del transporte aéreo en el país (1991) hasta 2019, previo a la pandemia del Covid-19, el tráfico total de pasajeros (es decir la demanda) creció un 760% [30]. A nivel latinoamericano el aeropuerto El Dorado ocupa el tercer puesto por gestión/transporte de pasajeros y el

primer puesto por transporte de carga aérea [13]. Según los pronósticos (proyección de la demanda), para 2040 la demanda total de pasajeros será de 78,7 millones (220% la demanda al 2019), y para 2050 de 103,7 millones (300% la demanda al 2019). Por otro lado, la demanda de transporte de carga aérea será de 1,2 millones y 1,4 millones de toneladas para 2040 y 2050 respectivamente (casi el doble que la demanda al 2019) [13].

El último (y actual-vigente) Plan Maestro del aeropuerto sugiere iniciar a la brevedad la ampliación del aeropuerto, tanto en el lado aire (pistas, calles de rodaje y plataforma de estacionamiento de aeronaves) como en el lado tierra (edificio terminal de pasajeros y otras infraestructuras relacionadas) para evitar que el aeropuerto entre en colapso (demanda muy superior a la capacidad instalada) en el corto plazo; también recomienda la ampliación (en el muy corto plazo) de los accesos terrestres al aeropuerto (nuevas vías y ampliación/mejora de las actuales) [13].

## 4.2 Propuestas de ampliación del aeropuerto

El actual (vigente) Plan Maestro del Aeropuerto de Bogotá-El Dorado (terminado y presentando en 2020 [13]) propone desarrollar la ampliación de este dividida en tres fases (o periodos temporales), para dar respuesta a la demanda proyectada a corto, medio y largo plazo. Asimismo, el Plan Maestro recomienda la construcción de un nuevo aeropuerto (complementario al actual), iniciando operaciones en el medio plazo (10-15 años), debido a que la demanda estimada para el medio-largo plazo (a partir de 2040) no podrá ser atendida con el actual aeropuerto (incluso con las ampliaciones previstas). Entonces, las actuaciones propuestas son:

### 1. Primera fase de actuación (a iniciar antes del 2025):

- Extensión de la pista norte en 825 m. hacia el occidente (es decir, dentro del actual recinto del aeropuerto).
- Construcción de nuevas calles de rodaje y ampliación de algunas de las existentes.
- Construcción de calles de salida rápida (estas conectan con las pistas y facilitan la rápida salida de las aeronaves de las pistas, minimizando el tiempo de ocupación de estas).
- Ampliación de la plataforma (de estacionamiento de aeronaves de pasajeros).
- Construcción de una nueva plataforma para estacionamiento de aeronaves de carga aérea (exclusivamente).
- Construcción de una nueva plataforma de pernocta o descongestión.
- Reubicación de la estación de combustibles.
- Ampliación del edificio terminal de pasajeros.
- Ampliación del parque de estacionamiento de autos (*parking*), situado en el exterior y al frente del edificio terminal de pasajeros.
- Otras obras diversas (menores), tanto en el lado aire como en el lado tierra; como así también la adquisición de una gran variedad de equipos, sistemas y tecnologías de soporte.

### 2. Segunda fase de actuación (a iniciar antes del 2035):

- Extensión de algunas calles de rodaje.
- Construcción de más calles de rodaje y calles de salida (de pistas).
- Ampliación de las plataformas de estacionamiento de aeronaves.
- Construcción de una nueva plataforma remota (es decir, no conectada al edificio terminal de pasajeros).
- Construcción de una nueva plataforma de carga aérea.
- Ampliación del edificio terminal de pasajeros actual, y construcción de un nuevo edificio terminal de pasajeros.
- Reconfiguración de ciertos accesos (viales) al aeropuerto.

### 3. Tercera fase de actuación (a iniciar antes del 2050):

- Ampliación de plataformas actuales y construcción de una nueva.
- Ampliación del edificio terminal de pasajeros.
- Construcción de un nuevo terminal de carga aérea.
- Construcción de nuevas instalaciones e infraestructuras de soporte.

Todas las actuaciones antes mencionadas, y en las tres fases, están acotadas al actual recinto aeroportuario o en terrenos anexos ya intervenidos, es decir, propiedad de la autoridad aeroportuaria y reservados para uso exclusivo de actividades aeronáuticas.

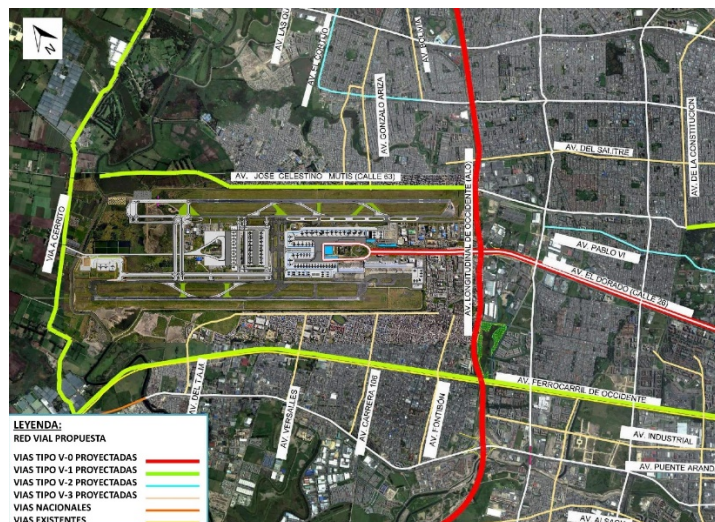
## 4.3 Evaluación de impactos previstos de la ampliación proyectada

### 4.3.1 Impacto urbano (sobre conectividad vial aeropuerto-ciudad/región)

La conectividad vial propuesta por el Plan Maestro del aeropuerto se determina con base en los planes de desarrollo vial de Bogotá [13]. El Plan Maestro propone la construcción de varias vías (y la mejora/ampliación de las existentes) para que el aeropuerto pueda conectarse de forma óptima (y rápida), no solo con la propia ciudad, sino también con la región (Cundinamarca) y el resto del país. En la Figura 2 se muestra la situación actual de conectividad terrestre-vial del aeropuerto, y en la Figura 3 se presentan las alternativas de conectividad propuestas por el proyecto de ampliación del aeropuerto.



**Figura 2.** Conectividad/accesibilidad vial actual del Aeropuerto El Dorado. Las vías tipo V-0 y V-1 son avenidas, y las V-2 y V-3 son calles [13]



**Figura 3.** Accesibilidad vial proyectada en el plan de ampliación del Aeropuerto El Dorado. Las vías tipo V-0 y V-1 son avenidas y las V-2 y V-3 son calles [13]

En virtud de lo anterior, la Tabla 1 presenta una matriz que indica la viabilidad de los proyectos de conectividad/accesibilidad al aeropuerto propuestos.

**Tabla1.** Valoración de impactos estimados de las actuaciones viales del proyecto de ampliación del aeropuerto [13]

Actuación	Viabilidad	Impacto	Valoración
Vías para la conectividad local (aeropuerto-ciudad)	si	alto	positiva
Vías para el mejoramiento del transporte público	si	alto	positiva
Reconfiguración de entrada a parqueaderos	si	alto	positiva
Reubicación de bolsa de taxis	si	alto	positiva
Vías para la conectividad zonal del aeropuerto (con localidades circundantes)	si	alto	positiva
Vías para la conectividad regional y nacional del aeropuerto	si	alto	positiva

#### 4.3.2 Impactos ambientales

En lo que refiere al nivel de impacto y su correspondiente valoración, la clasificación se divide en cuatro niveles (de poco o nada negativo a muy negativo): *leve* (compatible), *menor* (moderado), **medio** (importante), *alto* (severo) y *muy alto* (crítico). A continuación, se citan las valoraciones (o clasificación) de los impactos ambientales (según sus componentes), que generará el proyecto de ampliación del aeropuerto [13].

##### 1. Suelo

- *Cambios en características de suelos.* Los cambios en las características de suelos representan el único impacto calificado como *severo*, esto debido a las actuaciones de la ampliación aeroportuaria principalmente por aquellas afectaciones de la construcción de la nueva terminal de carga, expansión de la pista norte, traslado de la zona de combustible y expansión de la pista norte. Dichas actuaciones presentan rango de magnitud *alta*, generando una alteración evidente del ecosistema dado que la extensión es puntual el impacto no alcanza una calificación de importancia mayor. Las demás actuaciones como extensión de la terminal doméstica e internacional se desarrollan en terrenos ya intervenidos por lo que el impacto no es tan significativo.
- *Cambios en patrones de infiltración.* El resultado para este impacto se considera *importante*, se resalta que las actividades tales como la construcción de la nueva terminal de carga, extensión de la pista norte y construcción de obras complementarias (vías, túneles, ampliación parqueaderos, entre otros), cambiarán completamente la capacidad de infiltración en estas zonas.
- *Cambios en uso de suelos.* El resultado para este impacto se considera *moderado* ya que las áreas donde se plantea desarrollar las diferentes actuaciones del plan maestro son compatibles con los usos actuales y no generan conflicto por uso del suelo.
- *Contaminación de suelos por vertimientos.* Una vez analizadas cada una de las actuaciones que forman parte de la alternativa seleccionada, se considera que la contaminación del suelo por vertimientos corresponde a un impacto *importante*, dado que las afectaciones sobre el componente están asociadas al uso de maquinaria, vehículos o materiales que tienen probabilidad de llegar a causar dicho impacto.

##### 2. Hidrología

- *Cambios en disponibilidad hídrica.* El resultado de este impacto corresponde a *importante*. Lo anterior se debe a que las actividades a realizar tanto en el lado aire como en el lado tierra tienen un rango de magnitud *alta*. Las actividades que generan mayor impacto sobre este componente son las siguientes: construcción de nueva la nueva terminal de carga, extensión de la pista norte, construcción de plataformas, calles de rodaje, salidas rápidas, construcción de obras complementarias, entre otras asociadas a obras civiles mayores.
- *Alteración de calidad del agua.* En el área de influencia del aeropuerto se evidencia la presencia de diferentes canales de agua lluvia que finalmente drenan sus aguas al río Bogotá. Como consecuencia

del uso de materiales, maquinarias y equipos durante las etapas de construcción la calificación de importancia para este impacto se considera *importante*.

### 3. Atmosférico

- *Emisión de gases y partículas.* Este impacto se considera *importante*, las actividades que generan impacto sobre este componente son aquellas que involucran construcción, demolición, rellenos y pavimentación; es decir, que requieren el uso de maquinaria pesada y de diferentes tipos de vehículos.
- *Generación de vibraciones.* Este impacto se encuentra directamente relacionado con el uso de maquinaria pesada durante todas las actividades de construcción; se considera que su índice de impacto ambiental es *importante*.
- *Generación de niveles de ruido.* Este impacto se encuentra igualmente relacionado con el uso de maquinaria pesada; teniendo en cuenta que se ampliarán varias áreas de actuación este tipo de impacto se considera como *importante*.

### 4. Paisaje

- *Alteración del paisaje natural.* Todas las actuaciones tanto en el lado aire como en el lado tierra perceptualmente evidenciarán un cambio significativo, este impacto corresponde a una calificación como *importante*.

### 5. Ecosistemas

- *Fragmentación de ecosistemas.* Teniendo en cuenta que en el área donde se llevará a cabo la construcción de la nueva terminal de carga corresponde a la zona de inundación del Río Bogotá, adicionalmente se presentan drenajes, árboles asilados y cuerpos hídricos que constituyen actualmente ecosistemas de importancia y que se verán afectados, el impacto se clasifica como *importante*.
- *Afectación de áreas de interés ambiental.* Principalmente la afectación de zonas de interés ambiental se da por la nueva construcción de la nueva terminal de carga, la cual se localizará en el área inundable del Río Bogotá. Por esta razón se obtiene una calificación de *importante*.

### 6. Vegetación

- *Cambios en coberturas vegetales.* Las coberturas vegetales se verán principalmente afectadas en las actuaciones al lado aire ya que las actuaciones sobre el lado tierra se realizan sobre áreas previamente intervenidas y que no están cubiertas por zonas boscosas o de interés ambiental. Las actuaciones sobre la nueva terminal de carga, ampliación de servicios complementarios, traslado de combustibles, extensión de la pista norte y construcción de calles de rodaje hacen que el índice de impacto ambiental se considere como *importante*.

### 7. Fauna

- *Modificación dinámica de fauna silvestre.* La modificación de la dinámica poblacional de fauna silvestre se encuentra directamente relacionada con el cambio en las coberturas vegetales, razón por la cual, las actividades que generan un impacto sobre las coberturas generan a su vez un impacto sobre la fauna, es decir, corresponde a un impacto sinérgico razón por la cual la calificación para estos dos impactos es *importante*.

Si bien el proyecto de ampliación del aeropuerto, con la cual se busca la optimización de la infraestructura, contempla gran cantidad de obras civiles por fases, es importante resaltar que no se identificó un impacto ambiental calificado como crítico (muy alto). Lo anterior se debe principalmente a que la mayoría de las actuaciones se realizarán sobre terrenos o áreas previamente intervenidas y que, desde el punto de vista ambiental, no generan un riesgo significativo sobre los recursos naturales, adicionalmente los impactos se manifiestan dentro de las instalaciones aeroportuarias, sin llegar a afectar ecosistemas estratégicos o áreas de interés ambiental fuera del recinto aeroportuario.

Se destaca que el impacto ambiental alusivo a los cambios en las características de suelos fue el único que arrojó un índice de impacto ambiental severo (alto), lo anterior debido a que las actuaciones que se presentarían hacia el costado occidental del aeropuerto se realizarían en ciertas áreas que no han sido intervenidas previamente.

Sin embargo, las acciones ambientales enfocadas a la prevención, manejo y control podrán mitigar cualquier tipo de impacto ambiental especialmente aquellos que puedan tener una repercusión en el recurso hídrico por estar en cercanía con el Río Bogotá.

Asimismo, hay que mencionar que tanto la Autoridad Aeronáutica de Colombia, la Aerocivil, como el consorcio OPAIN cuentan con un Plan de Manejo Ambiental PMA que, en conjunto, contienen 69 programas ambientales (según las áreas que se encuentran o no concesionadas) [31-33].

En virtud de que el análisis ambiental desarrollado en el actual proyecto de ampliación del aeropuerto corresponde a una revisión preliminar, es importante señalar que previo a la ejecución (futura) de cualquiera de las obras proyectadas, se deberán realizar las consultas pertinentes a la autoridad ambiental competente, de tal forma que se evalúe la viabilidad ambiental del proyecto en el momento o fases indicadas en el plan de ampliación del aeropuerto.

Lo anterior, en el entendido de que la normatividad ambiental es dinámica y que las determinaciones por parte de las autoridades ambientales y entidades territoriales se decretan para cada proyecto en específico.

#### 4.3.3 Impactos sociales

En lo que refiere al nivel de impacto y su correspondiente valoración, la clasificación se divide en cuatro niveles (de poco o nada negativo a muy negativo): *leve* (compatible), *menor* (moderado), *medio* (importante), *alto* (severo), y *muy alto* (crítico). Entonces, a continuación, se citan las valoraciones (o clasificación) de los posibles impactos sociales (según sus componentes), que generará el proyecto de ampliación del aeropuerto [13].

##### 1. Componente político

- Elemento: relaciones sociales. Impacto social: *conflictos sociales por expansión aeroportuaria*. Naturaleza del impacto: *negativo*. Índice de impacto social: *importante*.
- Elemento: dinámica institucional. Impacto social: *cambio en las relaciones entre las organizaciones públicas, privadas y la comunidad*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *moderado*.

##### 2. Componente demográfico

- Elemento: dinámica poblacional. Impacto social: a) *Movilidad poblacional*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *moderado*. b) *Cambios en las dinámicas diarias de la población (espacios de tránsito)*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *moderado*. c) *Cambios en las dinámicas de usuarios y trabajadores del aeropuerto*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *moderado*.

##### 3. Componente cultural

- Elemento: gestión del entorno. Impacto social: *Cambios en las dinámicas culturales con respecto al territorio*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *compatible*.

##### 4. Componente espacial

- Elemento: infraestructura. Impacto social: a) *Cambios en el estado de infraestructura vial*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *moderado*. b) *Cambios en la infraestructura habitacional*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *compatible*. c) *Mejoramiento de las infraestructuras de servicios públicos*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *importante*.



## 5. Componente económico

- Elemento: bienes inmuebles. Impacto social: a) *Tenencia del terreno (o suelo)*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *importante*. b) *Cambio en el precio del suelo*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *importante*.
- Elemento: mercado laboral. Impacto social: a) *Generación de empleo*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *importante*. b) *Cambio de las actividades económicas en el área de intervención*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *compatible*. c) *Fortalecimiento de la actividad comercial y turística*. Naturaleza del impacto: *positivo*. Índice de impacto social: *importante*.

Con base en lo anterior, se observa que con la realización del proyecto de ampliación se mantienen conflictos sociales por desarrollo aeroportuario, pasando a registrar un índice de impacto social importante y compatible respectivamente.

Respecto a la dinámica poblacional, se evidencia que a causa de las actuaciones previstas en el proyecto de ampliación es evidente que se presentarán cambios en las dinámicas de usuarios y trabajadores del aeropuerto, principalmente por el traslado de la terminal de carga y al ampliar varias áreas del aeropuerto. Por ende, algunos servicios que hoy se prestan (comerciales, institucionales, de logística, etc.) se verán parcialmente impactados.

Para el caso del componente cultural, no se evidencia afectación en las dinámicas socioculturales diarias de la población, ubicada en el área de influencia directa al aeropuerto (usuarios, funcionarios y comunidad), manteniéndose con naturaleza positiva e importancia social compatible.

Referente al componente espacial, con la realización del proyecto de ampliación se fortalecerán positivamente los impactos sociales generados por el aeropuerto, debido a que se proyecta un mejoramiento en la infraestructura vial, habitacional y de servicios públicos, tanto del aeropuerto como del entorno social, generando así mayor bienestar a la población en general y en especial a la comunidad del área de influencia.

De otro lado, el componente económico es el que presenta mayor relevancia social con la realización de proyecto de ampliación, ya que se producirá mayor bienestar económico principalmente por el aumento en la generación de empleo.

Por lo anterior, se puede evidenciar que, con la realización de las actuaciones previstas en el proyecto de ampliación del aeropuerto, se estiman impactos sociales positivos, por lo cual se prevé un aumento en el bienestar socioeconómico de los empleados del aeropuerto, usuarios (pasajeros y otros colectivos), y comunidad en general (Bogotá, región y del resto del país).

### 4.3.4 Impactos prediales (uso del suelo)

Los predios (o suelos) dentro de los cuales se tiene proyectado desarrollar la ampliación del aeropuerto, son de propiedad del aeropuerto, es decir, de la Aerocivil, y jurídicamente no se encuentra ningún tipo de limitación para el uso y goce de los mismos [13].

## 5. CONCLUSIONES

El Aeropuerto El Dorado ha evolucionado desde una pequeña y modesta infraestructura a una gran instalación que hoy en día conecta la ciudad de Bogotá con el resto del país y el mundo, por lo tanto, con el correr del tiempo ha impactado de manera determinante en el desarrollo económico de la ciudad y su región. Ahora bien, la proyección de la demanda aquí presentada indique que con la capacidad instalada actual es imposible dar respuesta a la demanda proyectada en casi todos los horizontes de pronóstico (corto-medio, largo y muy largo plazo). Por lo que se torna necesario ampliar la capacidad del aeropuerto, y a iniciar en el corto plazo (no más allá de 2025). En base a esta situación, el gobierno nacional de Colombia

aprobó la prefactibilidad de ampliación del aeropuerto, según lo planteado y propuesto en el último plan maestro del aeropuerto (desarrollado entre 2019 y 2020).

Esta investigación analizó y evaluó los impactos previstos del proyecto de ampliación del aeropuerto, y de dicho análisis se deduce que los impactos en los componentes urbano (conectividad/accesibilidad al aeropuerto), social y predial serán de carácter positivo, es decir, la expansión del aeropuerto no solo beneficiará las operaciones del terminal aéreo (tanto en el lado aire como en el lado tierra) sino que también la comunidad se verá beneficiada, en varias vertientes, tanto a nivel ciudad (Bogotá) sino también a nivel región e incluso a nivel nacional. Pero, por otro lado, los impactos (negativos) ambientales previstos serán de una relativa importancia, sin llegar a ser severos ni críticos en casi ninguno de sus componentes.

Asimismo, tanto la Autoridad Aeronáutica de Colombia como el consorcio operador del aeropuerto cuentan con un Plan de Manejo Ambiental que en conjunto contienen 69 programas ambientales, los cuales se irán poniendo en marcha según avancen las fases o etapas del proyecto de ampliación del aeropuerto, con el objetivo de mitigar todo impacto ambiental que vaya surgiendo.

## REFERENCIAS

- [1] Zhang A. y Zhang Y. (2006). Airport capacity and congestion when carriers have market power. *Journal of Urban Economics* 60, 229-247.
- [2] Pels E. y Verhoef E. (2004). The economics of airport congestion pricing. *Journal of Urban Economics* 55, 257-277.
- [3] Brueckner J. (2002). Airport congestion when carriers have market power. *The American Economic Review* 92, 1357-1375.
- [4] Knippenberger U. y Wall A. (2010). *Airports in cities and regions*. KIT Scientific Publishing.
- [5] Postorino M. (2010). *Development of regional airports*. WIT Press.
- [6] Mun S. y Teraji Y. (2012). The organisation of multiple airports in a metropolitan area. *Journal of Transport Economics and Policy* 46(2), 221-237.
- [7] ICAO. (2008). *Guidance on the balanced approach to aircraft noise management*. International Civil Aviation Organization.
- [8] Horonjeff R. et al. (2010). *Planning and design of airports*. McGraw-Hill.
- [9] Díaz O. (2021). Impact of public policies on the development of the air transport industry. The case of Colombia. *Brazilian Journal of Public Administration* 55(2), 502-511.
- [10] Díaz O. (2021). Análisis urbano del próximo sistema multi-aeropuerto de la ciudad de Bogotá (Colombia). *Ciudad y Territorio* 52(206), 901-922.
- [11] Díaz O. (2016). Análisis del desarrollo reciente del transporte aéreo en Colombia. *Revista Transporte y Territorio* 14, 122-143.
- [12] Díaz O. (2017). Políticas de privatización de aeropuertos. El caso de Colombia. *Documentos y Aportes en Administración Pública y Gestión Estatal* 29, 7-35.
- [13] Aerocivil. (2020). *Actualización del plan maestro aeroportuario. Aeropuerto Internacional El Dorado*. Aerocivil.
- [14] de Neufville R. y Odoni A. (2013). *Airport systems, planning, design, and management*. McGraw-Hill.
- [15] Ashford N. et al. (2011). *Airport engineering*. John Wiley & Sons.
- [16] ICAO. (1987). *Airport planning manual – Master plan*. International Civil Aviation Organization.
- [17] Guillamón J. (2010). *El aeropuerto y su entorno. Impactos ambientales y desarrollo sostenible*. AENA.
- [18] Hirsh M. (2016). *Airport urbanism*. University of Minnesota.
- [19] Daley B. (2010). *Air transport and the environment*. Ashgate.
- [20] Upham P. et al. (2003). *Towards Sustainable Aviation*. Earthscan Publications.
- [21] Díaz O. (2018). Análisis de mitigación de ruido aeroportuario. El caso del Aeropuerto Internacional de Bogotá-El Dorado (Colombia). *Ciudad y Territorio* 197, 557-576.
- [22] ACRP. (2012). *Guidebook for Incorporating Sustainability into Traditional Airport Projects*. Transportation Research Board.
- [23] ACRP. (2008). *Airport sustainability practices*. Transportation Research Board.
- [24] OACI. (1999). *Manual-guía de protección ambiental para aeropuertos*. Organización de Aviación Civil Internacional.
- [25] OACI. (2002). *Modelo de planificación de aeropuertos. Parte 2: Utilización del terreno y control del medio ambiente*. Organización de Aviación Civil Internacional.
- [26] OACI. (2008). *Anexo 16 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Protección del Medio Ambiente. Volumen I. Ruido de las aeronaves*. Organización de Aviación Civil Internacional.
- [27] García M. (2010). *Ingeniería Aeroportuaria*. Ibergarceta Publicaciones.
- [28] Conesa V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa.
- [29] AIP. (2019). *AIP SKBO-Bogotá El Dorado*. Aeronáutica Civil de Colombia.
- [30] Aerocivil. (2023). *Estadísticas de actividades aeronáuticas*. Recuperado: <http://www.aerocivil.gov.co/atencion/estadisticas-de-las-actividades-aeronauticas>
- [31] Aerocivil. (2008). *Manual de atenuación de ruido de las aeronaves para el Aeropuerto Internacional El Dorado*. Aeronáutica Civil de Colombia.
- [32] Aerocivil. (2009). *El uso de suelos en áreas aledañas a aeropuertos*. Aeronáutica Civil de Colombia.
- [33] Aerocivil. (2014). *Estudio de impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental el Aeropuerto Internacional El Dorado de la Ciudad de Bogotá*. Aeronáutica Civil de Colombia.

# Criterios y procesos de selección para edificaciones que se adecuan como instituciones de educación de primera infancia

Deisy Carolina Duran Jiménez<sup>1</sup>

José Omar Salinas Suarez<sup>2</sup>

Olga Lucia Vanegas Alfonso<sup>3</sup>

*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia*

La educación temprana es esencial para el desarrollo de los niños, pero debido a la falta de recursos y oportunidades limitadas muchas familias en Colombia carecen de acceso a programas de educación infantil. Una de las alternativas generadas por los gobiernos locales consiste en realizar convenios con asociaciones sin ánimo de lucro, estableciendo jardines de primera infancia en diferentes localidades de las ciudades. En este estudio se presenta cómo seleccionan estas organizaciones las edificaciones o viviendas para adecuarlas como jardines de primera infancia; se examinan los criterios de selección utilizados por las secretarías de integración social, la participación de las comunidades locales, las medidas de seguridad y el bienestar para los niños. Los resultados presentados se pueden utilizar para mejorar el proceso de selección de viviendas o edificaciones, y contribuyen al desarrollo de políticas públicas para promover una educación de calidad en la primera infancia, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los niños y sus familias.

---

<sup>1</sup> Ingeniera Civil. Contacto: [dduranjimen@uniminuto.edu.co](mailto:dduranjimen@uniminuto.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Civil. Contacto: [jsalinassua@uniminuto.edu.co](mailto:jsalinassua@uniminuto.edu.co)

<sup>3</sup> Magister en Gestión del riesgo. Contacto: [Olga.vanegas@uniminuto.edu](mailto:Olga.vanegas@uniminuto.edu)

## 1. INTRODUCCIÓN

La secretaria de integración social es una entidad del Distrito que se encarga de liderar y formular las políticas sociales del Distrito Capital para la integración social de las personas, familias y comunidades, con especial atención para aquellas que están en mayor situación de pobreza y vulnerabilidad; de igual manera, se encarga de ejecutar las acciones que permitan la promoción, prevención, protección, rehabilitación y restablecimiento de sus derechos, mediante el ejercicio de la corresponsabilidad y la cogestión entre la familia, la sociedad y el Estado[2].

De esta manera, se debe reconocer que la educación temprana es crucial para el desarrollo cognitivo, emocional y social de los niños, sin embargo, en Colombia muchas familias no tienen acceso a programas de educación infantil de alta calidad debido a la falta de recursos y oportunidades limitadas. Para abordar esta brecha en la educación, las asociaciones sin ánimo de lucro han establecido jardines de primera infancia en diferentes barrios de la capital; estas organizaciones seleccionan viviendas como espacios para crear entornos educativos seguros y efectivos para estos niños.

El proceso de selección de viviendas para la formación de estos jardines de primera infancia es un desafío significativo que requiere una planificación minuciosa, consideración de múltiples factores y coordinación con las comunidades locales. Es por eso, que esta investigación tiene como objetivo analizar cómo las asociaciones sin ánimo de lucro seleccionan viviendas para la formación de jardines de primera infancia en Bogotá, Colombia, este análisis va ligado con los criterios de selección utilizados, la participación de las comunidades locales en el proceso de selección y cómo se garantiza la seguridad y el bienestar de los niños.

El conocimiento generado por esta investigación puede ayudar a las asociaciones sin ánimo de lucro a mejorar el proceso de selección de viviendas y a garantizar la calidad de la educación temprana que ofrecen.

Una forma de tener calidad de educación, es que los niños puedan estar en ambientes seguros, que sea confiable para ellos, y el personal que se encuentra laborando en la edificación, por ello, este capítulo contiene criterios y procesos de selección en las edificaciones que se desea prestar el servicio a primera infancia, y una vista desde la perspectiva de las asociaciones que contemplan llevarlas a cabo, mediante entrevistas o consultas de cómo seleccionan las viviendas que actualmente fueron modificadas a jardines de primera infancia.

Para los criterios y procesos en los cuales las Asociaciones Sin Ánimo de Lucro ASAL, este capítulo se basará en el reglamento aplicable a la fecha de creación, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, resolviendo las siguientes preguntas que normalmente tienen las ASAL [1]:

- ¿Qué se debe tener en cuenta al momento de verificar las condiciones iniciales del predio?
- ¿Bajo qué criterios o con qué normativa se debe realizar estas modificaciones?
- ¿Qué empresa o personal se debe contratar de acuerdo al tipo de modificaciones que van a realizar?
- ¿Qué consideraciones debo tener durante el proceso de mejora?

## 2. MÉTODO

Esta investigación se llevó a cabo utilizando una metodología combinada de entrevistas, consultas de normativas y visitas presenciales a diferentes jardines ubicados en la capital específicamente en la localidad de Engativá, Bogotá Colombia. La búsqueda se realizó en las bases de datos de la secretaría de integración social, y en entrevistas realizadas a los administradores de los jardines, se evidenció la forma en la selección de viviendas, y cuáles son las necesidades que tienen las ASAL al momento de tomar las decisiones de la ubicación y a su vez de los procesos de mejoramiento de los edificios para poder operar jardines de primera infancia.

Las herramientas de consulta se aplicaron de forma abierta, el punto central de la investigación se realizó en la localidad de Engativá, siendo una de las 20 localidades de la ciudad. Se aclara que una de las asociaciones accedió a la toma de material fotográfico, y al acceso completo de sus instalaciones, también

la forma de cómo seleccionaron la edificación donde funciona actualmente el jardín de primera infancia y que se tuvo en cuenta para sus respectivas adecuaciones.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Análisis de los estándares técnicos para la calidad de la educación inicial

La documentación correspondiente a los estándares técnicos para la calidad de la educación inicial son el resultado de una consulta, concertación y construcción colectiva que contó con la participación de diferentes actores de carácter directivo y técnico de las entidades distritales, de profesionales y expertos en el campo, de los operadores del servicio y de algunos sectores de la comunidad. En el capítulo 2 de este documento se presentan especificaciones para la reducción de riesgos de accidentes y emergencias, a través del desarrollo de capacidades en el talento humano y la adecuación de las plantas físicas.

En el área de infraestructura se evidencian los parámetros urbanísticos y la descripción de las condiciones de seguridad y salubridad del inmueble; dentro de los parámetros urbanísticos se resalta la necesidad de contar con un concepto del uso del suelo y que se clasifique como [2]:

1. Dotacional equipamiento colectivo educativo bienestar social
2. Dotacional equipamiento colectivo educativo
3. Institucional clase I o II

Adicionalmente, cabe resaltar que dicha ubicación debe estar fuera de zonas de amenaza por inundación y por remoción de masa alta.

En la descripción de las condiciones de seguridad y salubridad del inmueble con las que debe contar dicho inmueble establece unos estándares esenciales, entre estos contar con abastecimiento de agua potable, energía eléctrica, sistema de eliminación de aguas residuales, servicio de gas natural o propano, servicio telefónico u otro medio de comunicación y sistema de recolección de residuos sólidos, también las edificaciones deben contar con acceso independiente y exclusivo para el desarrollo de sus actividades, condiciones de iluminación y ventilación natural, finalmente el jardín infantil debe cumplir la Política Pública Distrital de Discapacidad en el *Decreto 470 del 12 de octubre de 2007* para la inclusión de los niños con discapacidad [2].

En el área o elementos infraestructurales se describe los estándares y requerimientos de las condiciones generales del inmueble para ventanas y vidrios teniendo en cuenta que los espacios requieren iluminación y ventilación natural, Pisos muros y techos los cuales deben ser aptos y adecuados para garantizar el bienestar de los niños, Rampas y escaleras ya que estas zonas comunes deben cumplir la normativa y permitir el ingreso sin ninguna restricción, Instalaciones eléctricas y finalmente puertas que garanticen el correcto acceso a cada una de las áreas del jardín.

Cabe resaltar que uno de los estándares especiales es el área y ocupación de estos jardines, El jardín infantil debe contar con un mínimo de dos (2) metros cuadrados por cada niña o niño sobre el total de área construida [2]. Dichas construcciones también deben contar con áreas diferenciadas para el desarrollo de actividades pedagógicas, recreativas, administrativas y de servicios; las áreas del jardín deben cumplir estos requerimientos [2]:

- Área Pedagógica: Ambiente o espacio físico delimitado y separado físicamente de las áreas de circulación, caracterizado por condiciones arquitectónicas y pedagógicas específicas:
  - Área pedagógica para los niños menores de dos años
  - Área pedagógica para los niños de dos a menores de seis años.
- Área Recreativa: Corresponde a espacios delimitados y demarcados dentro del Jardín para actividades de recreación, deportes y juego, entre ellos patios, zonas verdes, ludotecas, gimnasios y salas de juego.

- Área Administrativa: Corresponde al espacio dedicado de manera exclusiva, al desarrollo de actividades administrativas:
  - Área Administrativa
  - Depósito de material didáctico.
- Área de Servicios: ¿Incluye los servicios sanitarios para niños y adultos; los espacios delimitados y demarcados para la preparación y suministro de alimentos (cocina y comedor):
  - Zonas de lavandería y depósitos
    - Baño para niños menores de dos años
    - Baño para niños mayores de dos años
    - Baño para adultos
    - Cuarto de basura
    - Zona de lavandería
    - Depósito para los elementos de aseo
  - Servicio de alimentos
    - Sala Amiga de la Familia Lactante
    - Comedor
    - Alacenas o Despensas
    - Cocina

### 3.2 Análisis de jardín de la localidad de Engativá

Para complementar el análisis se realiza la consulta de los jardines de la ciudad y se selecciona uno para realizar una visita y análisis del funcionamiento de este. El Jardín Infantil La Florida, ubicado en la localidad de Engativá Cl. 68a #91-17, Zona 4, Bogotá (Figura 1).



Figura 1. Ubicación jardín de estudio

Una de las metodologías utilizadas en esta investigación fue la comunicación directa con la persona encargada de la administración del jardín quien en su descripción del proceso de selección de viviendas comentó que a manera general los parámetros y procesos que siguen para la búsqueda de viviendas o espacios para el funcionamiento de los jardines según la necesidad.

El primer parámetro que tienen en cuenta son viviendas (casas) grandes, de gran área libre y propia que normalmente son de 2 a 3 pisos, con espacios como salas o salones grandes y que a su vez se puedan realizar algunas modificaciones que adecuen el espacio como centro educativo, también es importante resaltar que se requieren viviendas con acceso independiente y que cuente con todos los servicios de saneamiento básico.

Teniendo en cuenta lo descrito en el numeral anterior de los estándares técnicos o parámetros infraestructurales y diferenciación en cada una de las áreas se presenta el registro fotográfico del jardín de estudio (Tabla 1), identificando cada una de ellas y a su vez describiendo el estado actual.

**Tabla 1.** Ficha registro fotográfico

Fotografía	Descripción
	<p><b>Fachada</b> Se evidencia que este jardín es una vivienda de 3 pisos, en su fachada cuenta con diferentes puertas de acceso adecuadas para el ingreso de personas; se evidencia que cuenta con ventanas grandes que garantizan la iluminación y ventilación natural como es requerimiento para los jardines</p>
	<p><b>Área pedagógica</b> En el área pedagógica se evidencia que son espacios amplios que permiten a los niños y a los profesores realizar las diferentes actividades. Se evidencia que el área de almacenamiento de material pedagógico es un espacio reducido.</p>
	<p><b>Área recreativa</b> El Área recreativa a pesar de ser espacios ampliados no es suficiente para un aforo máximo de niños, adicional el área de almacenamiento de material didáctico no está adecuada para la organización de estos elementos.</p>
	<p><b>Zonas comunes</b> En las áreas comunes se evidencias las escaleras con las barandas necesarias y adecuadas para los niños, adicional los pasillos se evidencia que no son el espacio necesario y falta la señalización correspondiente para que a pesar del espacio reducido sea transitable.</p>
	<p><b>Columnas y vigas</b> En la estructura de vigas y columnas de la edificación se evidencia que algunos son elementos estructurales y de vital importancia del jardín, también se evidencian divisiones en muros falsos; en algunos muros se evidencia que fueron modificados a la necesidad de los espacios para el jardín, modificación de la que se desconoce el proceso.</p>
	<p><b>Zonas de servicios</b> En las zonas de servicio se evidencias los espacios correspondientes a servicios de alimentos como los es la cocina y el comedor</p>
	<p>En la zona de lavandería y depósitos es visible que el espacio es un área considerable y que debe ser restringida para los niños por lo que no se evidencia dicha restricción, también se evidencia la enfermería espacio indispensable en estos centros educativos.</p>
	<p>Se evidencia que la edificación cuenta con espacios libre, con iluminación y ventilación natural los cuales son aptos y adecuados para garantizar el bienestar de los niños</p>



Debido a que estos contratos, están con viabilidad por zona, según solicita directamente la secretaría de integración social, no pueden alejarse mucho de los puntos establecidos. Estos inmuebles normalmente no son comprados, están en modalidad de arriendo, y por mutuo acuerdo con los propietarios, arreglan las modificaciones que pueden llegar a hacer.

La secretaria de integración social emite documentos y anexos en los cuales lista a detalle todo lo que debe cumplir tanto la asociación, como el lugar donde se prestara servicio, y lineamientos de educación y atención para la primera infancia en Estándares Técnicos Para La Calidad de la Educación Inicial (Actualizada el 18 de septiembre del 2017).

Al revisar estos lineamientos, se evidencia que, frente a la infraestructura, están los componentes de ambientes adecuados y seguros, y para ello se debe cumplir con unos parámetros urbanísticos, siendo un estándar indispensable el tener un concepto de uso de suelo, licencia de construcción y certificado de ocupación o desarrollo de obras emitido por las alcaldías locales.

Ahora bien, aunque hay otros temas importantes frente a lo que debe cumplir los ambientes seguros para la primera infancia, en esta investigación se profundizará en la parte estructural de la edificación que es usada por las asociaciones para adecuarlas y convertirlas en espacios seguros para la primera infancia.

### **3.3 Análisis de normativa y flujograma de procesos de selección**

El reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 es la norma que rige en el país, y también es mencionada en los estándares técnicos de la secretaría de integración social. En el Título A, numeral A.10.1.3.2, menciona que toda edificación que sufra un cambio de uso, debe ser sometida a este capítulo el cual tiene como fin la evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento [1].

Para el caso en mención, edificaciones de vivienda unifamiliar catalogadas como de uso Grupo I, y algunas otras no están calificadas en este grupo, ya que fueron construidas antes del 2010, el cual fue el año en el que salió el reglamento actual, son usadas por las asociaciones para la adecuación de los jardines para primera infancia. El grupo de uso según la NSR-10 para estos propósitos sería el Grupo de uso III, inciso e (Guarderías, Escuelas, Colegios, universidades y otros centros de enseñanza) [1].

Con esto, damos se aclara el primer paso de lo que normativamente está existiendo en Colombia, frente a una edificación o estructura la cual tiene un propósito tipo vivienda, y se desea cambiar el tipo de uso a jardines de primera infancia.

Ahora bien, en estos casos puede suceder que, por no conocimiento de la normativa, las asociaciones que tienen amplios conocimientos en administrar los jardines de primera infancia pasan por alto estas normativas las cuales pueden entrar a regir, y por ende ayudar a que cumplan a cabalidad con la seguridad para los infantes.

Para ello se diseña el flujograma de la Figura 2 que, al momento de seleccionar la vivienda o edificación, se recomienda tener en cuenta los procesos para las tomas de decisión.

El diagrama de flujo presentado anteriormente proporciona una orientación sobre las decisiones que deben tomarse al realizar modificaciones en la estructura del edificio. Es fundamental que cualquier elección relacionada con la demolición o ampliación sea realizada por un profesional, de acuerdo con lo establecido en la normativa NSR-10. De esta forma, se garantiza una intervención adecuada y segura en la edificación.

Una consideración adicional que se desprende de la investigación realizada se refiere a las barandas de la edificación. La normativa del Título B de cargas, en el numeral B.4.2.2, establece que, en el caso de viviendas unifamiliares, las barandas utilizadas para adecuaciones en jardines deben ser capaces de soportar una carga de empuje de 40 kgf/m. Dado que en la edificación pueden encontrarse hasta 120 niños, además de profesores, personal de cocina, aseo, administrativo, entre otros, es fundamental tener en cuenta el

refuerzo de las barandas para garantizar la seguridad de los usuarios [1]. Una opción es considerar una carga de 100 kgf/m para las barandas de la edificación, o bien, realizar una prueba de carga para verificar que las barandas soporten dicha carga.

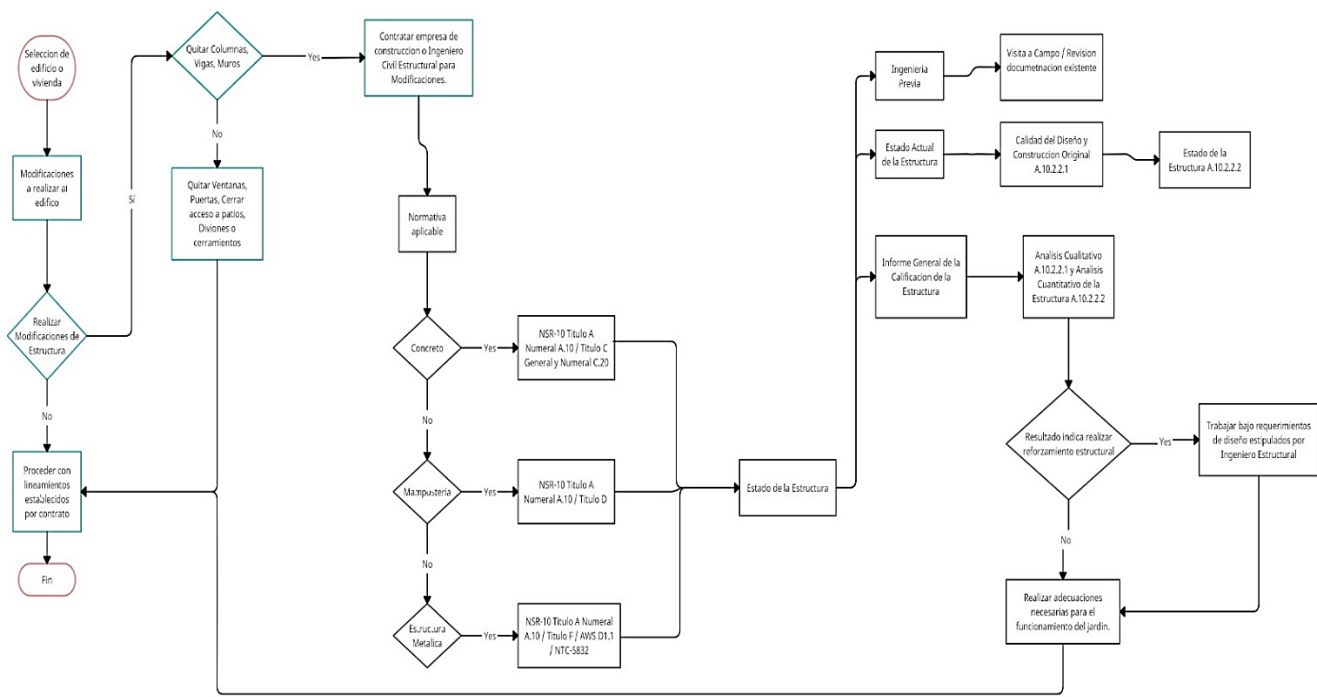


Figura 2. Flujoograma

#### 4. CONCLUSIONES

Es fundamental que las asociaciones sin ánimo de lucro que buscan viviendas para licitación tengan en cuenta la información relevante para tomar decisiones adecuadas al momento de realizar las adecuaciones necesarias en las edificaciones. Así mismo, es importante destacar que existen otros aspectos relevantes en cuanto a normativa que deben ser considerados.

Es vital que los procesos de adecuación sean realizados por personal idóneo, tal y como lo establece la normativa NSR-10, en el cual se incluyen ingenieros civiles, estructurales, arquitectos y empresas de construcción.

También es fundamental evaluar las metodologías y procedimientos establecidos por los contratantes para asegurar que los procesos de adecuación se realicen bajo su supervisión y no solo se realice una verificación una vez que las adecuaciones estén listas para la inspección. De esta forma, se garantiza que todas las medidas necesarias sean tomadas para asegurar la seguridad y la calidad de la edificación.

Si bien es cierto el enfoque de esta investigación es el ámbito estructural es importante aclarar que el principal objetivo de las Asociaciones debe ser garantizar que las edificaciones seleccionadas sean ambientes seguros en todos los aspectos y que a su vez sean adecuados para el funcionamiento de jardines y centros de educación cumpliendo con los lineamientos necesarios para instituciones educativas y establecidos por la secretaria distrital de integración social

## REFERENCIAS

- [1] Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). Normas colombianas de diseño y construcción sismo-resistente NSR-10. AIS.
- [2] Secretaría distrital de integración social. (2017). Estándares técnicos para la calidad de la educación inicial. Recuperado: [https://old.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/2018documentos/28022018\\_estandares\\_tecnicos.pdf](https://old.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/2018documentos/28022018_estandares_tecnicos.pdf)

# Mitigación del impacto de los bajantes de aguas lluvias en el espacio público mediante un proceso de sensibilización en una comunidad

Deivy Brando Muñoz Arias<sup>1</sup>

Danny Wilfer Medina Cruz<sup>2</sup>

Olga Lucia Vanegas Alfonso<sup>3</sup>

*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia*

La sensibilización de una comunidad a través de la comunicación y la información es el primer paso para abordar la cuestión de cómo mitigar el impacto de las gárgolas en el espacio público mediante una instalación adecuada de los bajantes. Para lograrlo se llevó a cabo un estudio de campo en la localidad de Usme (Bogotá, Colombia), específicamente en la calle 94 sur entre las carreras 14B y 1C este. El estudio incluyó la realización de un acta que detalla las condiciones físicas de la vía, así como encuestas dirigidas a la comunidad para sondear su conocimiento sobre los bajantes de aguas lluvias. Fueron 20 participantes con edades entre 25 y 60 años. Se identificó que los adultos mayores tienen mejor comprensión del riesgo que presentan las gárgolas en la vía, mientras que los más jóvenes desconocen los términos y no comprenden los daños que genera el golpe del agua con el pavimento. Además, se entregó un volante con un código que direcciona a una infografía anexa que contiene información relevante sobre cómo inhabilitar las gárgolas en tubos que aún permanecían en los predios de los propietarios, así como una guía práctica para la correcta instalación de bajantes de aguas lluvias.

---

<sup>1</sup> Ingeniero civil. Contacto: [dmunozarias@uniminuto.edu.co](mailto:dmunozarias@uniminuto.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero civil. Contacto: [dmedinacru1@uniminuto.edu.co](mailto:dmedinacru1@uniminuto.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero civil. Contacto: [olga.vanegas@uniminuto.edu](mailto:olga.vanegas@uniminuto.edu)

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la época medieval, las gárgolas se implementan como un conducto donde se vertía el agua de los tejados, ya sea en el voladizo o en las paredes de los principales puntos de ciudades a nivel mundial, cabe resaltar que éstas fueron construidas en materiales como piedra, metal, bronce y concreto cuyas formas se representaban como: animales, humanos y demonios. Para esté entonces, los diseñadores plasmaban sus ideas evitando afectación en las paredes de los templos o puntos ejemplares de las ciudades más importantes del mundo.

Hoy en día, el uso de las gárgolas ha disminuido debido a las múltiples afectaciones que se han presentado no solo en las edificaciones sino el espacio público, por ejemplo, muchas viviendas antiguas de Bogotá siguen reuniendo sus aguas lluvias en una sola tubería o canaleta generando que el caudal sea constante y su caída sea de manera directa al piso. Este tipo de prácticas ha traído consigo afectaciones en el suelo generando grietas, hundimientos, pérdida de material, desgaste, desprendimientos y mala calidad ambiental; aun así, el desconocimiento por parte de los constructores y propietarios de viviendas sigue siendo la mayor causa de los deterioros en las pavimentaciones.

Por ende, la idea de esta investigación fue sensibilizar en el barrio El Virrey ubicado en la calle 94 sur, enfatizando en la normatividad colombiana y reforzando la cultura social. La ley 373 de 1997 estableció: *Uso obligatorio de las aguas de origen superficial subterráneo o lluvias utilizadas en actividades que generen afluentes líquidos, previo a un análisis técnico, socioeconómico y de las normas de calidad ambiental* [1].

La norma NTC 1500 manifiesta: *Cuando la bajante recibe más de tres pisos se limita a los ramales de por pisos o intervalo, los caudales aumentan y producen variación de presión por medio del ramal vertical y horizontal* [2]. No obstante, está norma presenta las tablas como guía para la construcción de las bajantes donde se debe tener en cuenta la capacidad del sistema pluvial, el máximo número bajantes y ramales, así los muros verticales adyacentes a las cubiertas también contribuyen al porcentaje de precipitación, de acuerdo con la inclinación que tome por acción del viento, según la recomendación de la norma, se recomienda entre un 35% y 50% según la ubicación de los muros.

Así las cosas, en cumplimiento a la normatividad anteriormente mencionada, se lleva a cabo en el barrio el Virrey, una guía con instrucciones referente a la correcta instalación de bajantes para dar a conocer a la comunidad y como las gárgolas compuestas por tubos en PVC las cuales sobresalen en los voladizo o parte superior de los predios afectan no solo el pavimento de la vía por el golpe del agua sino los andenes y espacio público.

Esta guía no solo busca que la comunidad esté al tanto de una correcta ejecución de las bajantes de aguas lluvias, sino que interioricen con la mala práctica de construcción que se ha convertido en una de las principales causas de las afectaciones en vía como hundimientos, grietas transversales y longitudinales en la losa de pavimentación. Por ende, es importante resaltar que para la investigación se llevó a cabo encuestas de conocimiento con la comunidad para determinar en qué se puede mejorar y aclarar conceptos con la infografía, así mismo, se tomó un registro fotográfico y descripción de las condiciones iniciales de la vía en un formato tomado de la página oficial del acueducto como inspiración para el proyecto, no obstante, se identificó el número real de los predios que tienen las gárgolas en condición antiguo para un conteo total, y así determinar el tipo de población para lograr una comunicación asertiva en dicho tramo.

## 2. MÉTODO

Esta investigación se llevó a cabo utilizando una metodología combinada de encuestas, consultas y diálogos presenciales con la comunidad ubicada en el barrio el Virrey en la calle 94 carrera 14B y 1C este; además, se apoya en una revisión de la literatura y prácticas en la vida real para mitigar el impacto de las aguas lluvias sobre el espacio público, y así, llevar una línea de aprendizaje a través de la sensibilización por medio de la guía práctica *infografía*. De acuerdo con los siguientes pasos se tomarán los correctivos pertinentes y se modificará la información en la infografía.

## 2.1 Condiciones físicas de espacio público (Vía terciaria)

El registro de condiciones físicas de espacio público se realizó con el formato modificado MPMS0301F04-01 de la EAAB, por consiguiente, en este documento se describen las características de la vía y andén teniendo en cuenta dirección de referencia la cual se encuentra en la calle 94 sur entre carrera 14 bis y 1 c este. Para el estado actual de la vía se determinó como regular, debido a las diferentes afectaciones que el pavimento ha estado presentando, a continuación, se presenta un resumen del estado en general del tramo.

- *Descripción del estado.* Vía en concreto con desgaste natural, segregación de materiales, faltante de sello en juntas de dilatación, se observa grietas longitudinales y transversales, porosidad por gárgolas, así mismo el tramo cuenta con dos sumideros en zona sur cuyas rejillas se contemplan en concreto y acero, adicional, se logra identificar desprendimiento de material y contaminación ambiental. A continuación, se adjunta registro fotográfico de las condiciones iniciales de vía, cabe mencionar que las fotos se capturaron conforme a la condición de lluvia para una mejor inspección de afectación en el pavimento.
- *Registro de condiciones físicas.* En la Figura 1 se evidencian las condiciones de la vía y la escorrentía de agua lluvia sobre la calle.



Figura 1. Condiciones físicas de la vía

En la Tabla 1 se relaciona el estado de espacio público de los andenes tanto del costado sur occidente y oriente. La tabla muestra lo elementos que conforman la vía y su estado actual de acuerdo con la edad de la pavimentación. Se puede observar que las luminarias y los portes del tramo se encuentran en estado regular, desgaste natural y pérdida de material.

Tabla 1. Estado de espacio público de andén

	Bueno	Regular	Malo	No Aplica
Canecas	-	-	-	X
Bancas	-	-	-	X
Señalización	X	-	-	-
Luminarias	-	X	-	-
Otros (postes)	-	X	-	-

El andén sur-occidente presenta pérdida de material en los escalones compuestos por losas de concreto, algunos tienen granito lavado y baldosas fracturadas, grietas longitudinales y transversales, desportillamiento en bordillo, afloramiento entre juntas, desgaste natural por tráfico, algunos accesos a viviendas cuentan con pintura la cual está en condición desgastada y apozamiento de agua, se toma registro fotográfico de las condiciones en el andén (Figura 2).



Figura 2. Condiciones físicas de andén sur occidental

En el andén sur-oriente las losas en concreto tienen pérdida de material, desportillamiento en bordillos, apozamiento de agua y humedad, grietas y fisuras longitudinales y transversales, contadores con tapa metálica que contienen óxido; así mismo, se toma registro fotográfico (Figura 3).



**Figura 3.** Condiciones físicas de andén sur oriental

La totalidad de predios cuenta con estructura en mampostería ordinaria, pañete y pintura con desgaste por uso, manchas ambientales, ventanas con marcos metálicos y vidrios en lisos en buen estado, algunos predios cuentan con bajantes de aguas lluvias, sin embargo, en ambos costados de la vía, se observan predios con gárgolas donde la mayoría se encuentran ubicadas en el último piso de las viviendas (Terraza).

La vía en la carpeta de rodadura presenta hundimientos o más conocida como ahuellamiento donde se puede apreciar en la Figura 4, esto ocurre cuando es permanente la caída de agua lluvia de manera directa sobre la pavimentación, cabe mencionar que algunas viviendas cuentan con alturas promedio de 5 a 9 metros de alto donde el agua cae desde una gran altura generando la segregación de materiales, presencia de moho, pérdida de material en la zona del bordillo, fisuras en los alrededores debido al golpe de agua.



**Figura 4.** Hundimientos en pavimentación por gárgolas

En el andén en costado sur-occidente y oriente se presenta golpe por agua, segregación, aumento de nivel freático, presencia de flora, ahuellamiento sobre vía y andén, así mismo, se observa apozamiento de agua sobre los hundimientos generado por las gárgolas. En la Figura 5 se puede apreciar que la mayoría de las viviendas contemplan las gárgolas en tubo PVC con diámetro aproximadamente de ½", 2" y 2 ½"; adicionalmente, se identifica que algunos predios contemplan la tubería de bajantes conectadas a la caja de inspección sanitaria.



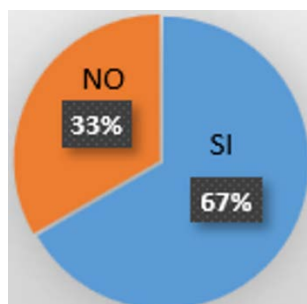
**Figura 5.** Gárgolas en los predios

## 2.2 Encuestas aprobadas por los líderes de la investigación y sondeo de la comunidad

La implementación y modelación de la encuesta se desarrolló por medio de preguntas muy puntuales para afianzar la comunicación con la comunidad, esta encuesta contemplaba preguntas cerradas, si desconocía o conocía términos de las aguas lluvias. Asimismo, este ejercicio cumplió el objetivo de sondear las respuestas por medio de la Tabla 2. Para este sondeo se tuvo la participación de seis personas, propietarios de predios que tuvieron disposición de apoyar el proyecto con sus respectivas respuestas, las cuales fueron netamente personales y la mayoría no brindo la dirección del predio. Teniendo como dato la tercera pregunta, que se puede detallar en la Figura 6, se concluye que la mitad de los participantes tienen gárgolas en su predio.

**Tabla 2** Sondeo de conocimiento. Se muestra el sondeo del total de participantes del tramo encuestados

Pregunta	Total	
	SÍ %	NO %
1. ¿Conoce la definición de gárgola?	66,67%	33,33%
2. ¿Sabe qué son las aguas lluvias?	100,00%	0,00%
3. ¿Tiene usted instalado en su predio, un tubo PVC cuya funcionalidad es el desagüe de agua lluvia?	66,67%	33,33%
4. ¿Tiene usted conocimiento qué es el espacio público?	100,00%	0,00%
5. ¿Determina los daños que puede generar el agua en el pavimento de una vía o andén?	66,67%	33,33%
6. ¿Sabe qué es una bajante y sus partes que la conforman?	66,67%	33,33%
7. ¿Sabe la correcta ejecución de la bajante (Agua lluvias)?	66,67%	33,33%
8. ¿Conoce las consecuencias que podría generar la mala instalación de una bajante?	66,67%	33,33%
9. ¿Ha indagado la normativa colombiana referente a las aguas lluvias?	0,00%	100,00%
10. ¿Anteriormente ha recibido información sobre las aguas lluvias?	50,00%	50,00%



**Figura 6.** Gárgolas existentes en los predios

### 2.3 Identificar tipo de población y estrato

El tipo de población es urbana ya que se encuentran ubicados en la localidad de USME en la Unidad de Planeamiento Zonal UPZ 58 Comuneros, y por medio de las encuestas, los participantes eran libres de colocar el estrato del barrio el Virrey el cual la mayoría respondió a estrato 2.

### 2.4 Sensibilización por medio de QR Infografía

La idea de sensibilizar la comunidad por medio de Infografía es brindar una ayuda constructiva para las personas que desconocen términos o no tienen un acceso a la información de acuerdo con la normativa colombiana. Esto conlleva, a que las malas prácticas de los maestros ejecuten labores no acordes a lo estipulado por la norma, por ende, la información se brindó de forma digital puesto que hoy en día el mundo de la tecnología a encaminado a la mayoría de la población mundial a comunicarse y acceder a la información de forma más fácil. Así, se llevaron las piezas informativas con un código QR que dirigía directamente a un documento PDF tipo infografía donde se brindaron las siguientes alternativas.

- *Las gárgolas.* Facilita el desagüe de la lluvia en las edificaciones cuyas salientes pueden ser en diferentes materiales como: concreto, metal y PVC.
- *Daños que pueden generar las gárgolas.* No es conveniente su instalación en Colombia porque puede afectar las estructuras como: La vivienda, espacio público vía o andén y generar inseguridad en los habitantes o vecinos.
- *Normativa colombiana.* Acuerdo 20 DE 1995 – Código de construcción de Bogotá: Concepto sobre el uso obligatorio para desagües de aguas lluvias de PVC Sanitaria. Norma NTC 1500 - Capítulo 12 (Desagüe de aguas lluvias): Manifiesta que las redes de lluvias, redes industriales y desagües sanitarios no pueden mezclarse, ya que cuando existe un sistema combinado, la presencia de taponamientos, contaminación e inundaciones aumenten por el incremento del agua.
- Proceso de construcción para la correcta instalación de una bajante de aguas lluvia:

**Paso 1:** Tener un metro a la mano para tomar la medida del ancho y alto de la casa.



**Paso 2:** Dirigirse a la ferretería más cercana y solicitar canaleta metálica con las medidas del ancho del predio, tenga en cuenta que la canaleta es un conducto abierto cuya función es recoger el agua del techo donde conducirá el agua hacia el tubo y por lo general está siempre tiene forma trapezoidal [3].

**Paso 3:** solicitar tubo PVC de 3" con el alto necesario para conducir el agua lluvia.

**Paso 4:** solicitar PAVCO WAVIN soporte canal metal los cuales tiene la función de sujetar la canaleta a la fascia del techo o muro; estos se deberán colocar cada 50 cm, donde se sugiere dividir el número de metros de ancho sobre 0.5 m. para comprar los soportes correspondientes.

**Paso 5:** Incluir dentro de la compra el sosco para canal, tenga en cuenta el diámetro del tubo para bajante.

**Paso 6:** La grapa abrazadera metálica es un elemento esencial para asegurar las tuberías de PVC contra la pared y evitar que se muevan durante el transporte de agua. Es importante considerar las condiciones a las que estará expuesta la tubería al momento de elegir la abrazadera adecuada [4].

**Paso 7:** Tenga en cuenta que el momento de la instalación de la canaleta, se debe dejar con una inclinación del 1% del ancho de la vivienda para darle continuidad al agua y se pueda trasladar hasta llegar al sosco.

## 2.5 Entrega de volante

Se realizó la entrega del volante informativo con el QR direccionado a la infografía. En la Figura 7 se pueden observar los pasos de ejecución para la correcta instalación de bajantes de agua lluvia, dentro del desarrollo del proceso se implementó la toma de asistencia en los dentro del predios del área de estudio.



Figura 7. Infografía sensibilización a la comunidad

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La mayoría de las personas encuestadas tienen conocimiento y saben que las gárgolas están unidas al sistema de canalización por donde se vierte el agua de los tejados.

El 100% de las personas encuestadas saben que son las aguas lluvias y la gran importancia por el uso eficiente y ahorro del agua, que es de especial interés considerando la tendencia de escasez, el cambio climático y sus riesgos.

La mayoría de los participantes tienen instalado en sus viviendas un desagüe pluvial, ya que estos son drenajes especializados diseñados para manejar un exceso de agua como resultado de fuertes lluvias.

El 100% de las personas encuestadas tienen conocimiento que el espacio público es de propiedad pública, dominio y uso de la población general. Es decir que cualquier persona puede circular por un espacio público, entre los que destacan las calles, vías, las plazas, los pabellones municipales deportivos, las escuelas, los centros hospitalarios, las bibliotecas entre otros.

El 33,33% de los encuestados no tienen conocimiento de los daños causados por la mala instalación de las bajantes de agua lluvia, las cuales causan ahuellamiento, generando la segregación de materiales, presencia de moho, pérdida de material en la zona del bordillo, fisuras en los alrededores debido al golpe de agua, por ende, se debe realizar un plan de mejora con la comunidad realizando talleres, infografías y capacitaciones con las cuales se pueden mitigar estos riesgos.

La mayoría de los participantes saben que las bajantes de agua son un sistema de desagüe utilizado en cualquier edificación, con el fin de evitar aposamiento y que genere daños estructurales y malos olores, además depende del diseño asimismo se define qué sistema se utiliza.

El 66,67% de los encuestados conocen la ejecución de las bajantes y el proceso de instalación donde se deben tener en cuenta diferentes factores como localizar la dimensión del tejado para conocer la cantidad de bajantes a instalar para la adecuada y rápida evacuación de aguas lluvias de éste. Altura determinada de la canal del tejado donde debe iniciarse la instalación de la bajante. Revisar los planos del tejado para conocer la inclinación o pendiente que éste tiene. Revisar la inclinación de la cubierta. Rectificar que la canal este instalada adecuadamente y no presente ningún daño.

El 66,67% de los participantes tienen conocimiento de las afectaciones que puede causar una mala instalación de bajantes de agua lluvia, sin embargo, se evidencia que estos tubos sobresalen al espacio público y calzada, causando afectaciones moderadas a estos, mientras que el 33,33% de los encuestados no tienen conocimiento de estas afectaciones, por lo tanto, se debe realizar una socialización para visibilizar las consecuencias de un mal manejo de las bajantes.

El 100% de los encuestado no han revisado que normas rigen las bajantes de agua lluvia por lo tanto desconocen del correcto proceso de adecuación e instalación de estas, causando un mal manejo de las aguas lluvias y generando afectación al espacio público y la mitad de los participantes tienen conocimiento sobre el tema de aguas lluvias, sin embargo, hace falta que realicen una investigación más amplia sobre su correcta instalación y las consecuencias de no hacerlo.

## **4. RECOMENDACIONES**

### **4.1 Instalación de bajante pluvial**

Estas instalaciones deberán operar de acuerdo con las normas de seguridad en altura, tomando las precauciones necesarias para evitar accidentes de trabajadores o de terceros y daños a las obras de construcción que se desarrollen en predios aledaños. Esto es necesario para la evacuación del agua de lluvia que se acumula en el techo de la casa.

### **4.2 Instrucciones de seguridad y salud**

- Ubicar la dimensión de la tejad para determinar el número de bermas a instalar para la correcta y rápida evacuación de las crecidas en el sitio.

- Hay que asegurar que exista acceso mediante pasarelas hasta la altura predeterminada del canal de la tejada donde se iniciará la instalación de la bajante.
- Revisar los planos de techumbre para determinar el grado de inclinación o pendiente que tiene el área.
- Armar el movimiento teniendo en cuenta las precauciones de seguridad requeridas para trabajos en altura. Por su propia seguridad, los empleados que bajan las escaleras deben usar cascos, botas, gafas protectoras y otros equipos de protección. También deben tener precaución y buenos hábitos de trabajo cuando trabajen en alturas.
- Revisar la inclinación de la cubierta, para asegurarse de que el canal esté instalado correctamente y no esté dañado.
- Medir la distancia entre el fondo de la gota y el punto donde se recogerá el agua y se evacuará a la calle con la intención de cortar o enraizar, según corresponda.
- Con la tubería en mano y el tranvía de la bajante en mente, se inicia el proceso de trabado de la está en la cabecera del canal. (En caso de que la tubería de la bajante no pueda ser colocada verticalmente se debe utilizar codos de 45° para cambiar su dirección sin evitar la fluidez de evacuación de agua).
- Después de exponer la tubería del bajante al canal, se debe conectar el bajante al punto de descarga, que dirigirá el agua hacia la estructura de contención y la estación de inspección. luego la calle alcantarilla. (Los accesorios y las uniones de tubería para el drenaje de agua de lluvia deben hacerse con soldadura de PVC).
- Deje que se asienten las clavijas entre el producto y los accesorios.
- Una vez que la tubería de la bajante esté completamente instalada, es hora de hacer flotar un recipiente de agua vacío por el canal para verificar si hay alguna filtración de agua o gotera en el camino del agua a través de la bajante.
- Si el tubo bajante no queda a la vista, se debe moldear el muro según su diámetro para poder incrustarlo y luego recubrirlo con mortero.
- Si el tubérculo bajante se deja expuesto para evitar el movimiento o la deflexión de la estructura, se deben colocar barandas sobre el tubo para asegurarlo a la pared.

### **4.3 Tolerancia para aceptación**

La bajante debe ajustarse al volumen de agua que circula por el canal de la tejada para una adecuada y pronta salida. El equipo debe ser andamio tubular y segueta, y los materiales: tubería PVC, codo 45 sanitario, limpiador y soldadura solvente para PVC [5].

### **4.4 Mantenimiento de canaletas y bajantes**

Es fundamental mantener los sistemas de recolección de agua de lluvia, integrando un sistema si no se va a depender del mismo. Por ello, es importante comprobar periódicamente que las canaletas no estén bloqueadas por material contaminante u otros elementos ambientales [6].

También es importante asegurarse de que toda la estructura esté estable y fijada a la casa o negocio. Sin embargo, depender del sistema de recolección de agua de lluvia puede ser peligroso. Dado que se trata de una instalación elevada, así mismo, es ideal contar con un equipo especializado y experto que ayude con el mantenimiento técnico y de los cubículos, incluido el mantenimiento de la canaleta [7].

Este tipo de obras y proyectos de construcción que se relacionan directamente con el mantenimiento estructural de las viviendas, siempre deben ser realizados por expertos en la materia o el personal idóneo que cuente con la experiencia suficiente para la ejecución, por ende, puede asegurarse de que el trabajo dará un excelente resultado.

Adicionalmente, al momento de comenzar la ejecución, se contará con los estándares de seguridad que se deben seguir para proteger su integridad y la de tu familia o equipo [8].

#### 4.5 Daños por mala instalación de bajante pluvial

Se debe tener en cuenta que las canaletas para lluvia se entrelazan a través de la seguridad de las puertas y ventanas para evitar fugas y al mismo tiempo preservar la capa superior del suelo del espacio público. La mayoría de las veces, los canales de lluvia se ignoran, lo que impide dar mantenimiento a las mismas donde se podrían ver afectadas por árboles caídos o descompuestos [9]. Por ejemplo, el hogar de cada habitante del tramo podría convertirse en objeto de un costoso proyecto de reconstrucción si las canaletas comunes o personalizadas se han tapado. Por ende, es crucial que se mantengan adecuadamente las canaletas de lluvia ya que algunas áreas del predio se verían afectadas ya que se reemplazarían por las marquesinas dañadas por inundaciones.

#### 4.6 Daños a cubiertas

En la Figura 8 se observa las primeras afectaciones que se presentan en los muros de mampostería, en donde se evidencian la generación de manchas de humedad y moho; las cuales son causadas por la falta de canaletas o un deficiente sistema de drenaje. Por lo cual, se permite el paso de agua a la estructura de la vivienda, siendo este un factor que genera grandes problemáticas tanto para los habitantes del inmueble como a la estructura ya que se aumenta su deterioro. Es de gran importancia recalcar que esta problemática genera problemas serios en la durabilidad y resistencia de la estructura, además de que su reparación o mantenimiento produce grandes costos debido a la complejidad de la realización de trabajos en alturas y la implementación de material que permitan impermeabilizar la estructura.



Figura 8. Humedades en techo y paredes [1]

#### 4.7 Daños a las Paredes Exteriores

Las canaletas de lluvia más los sótanos inundados y las tormentas de hielo pueden dañar seriamente los predios. Las vibraciones del suelo tienden a desalinear las bajantes y otros daños durante una tormenta, una bajante mal colocada o incluso una pequeña fuga podrían dejar múltiples afectaciones dentro del predio.

Las fugas también pueden dañar los bloques y el mortero de las paredes exteriores, el cual, sin una atención inmediata, es probable que las fugas de agua se filtren a través de las barreras y dañen los muebles, entre otros. Además, si estos no son arreglados por expertos, eventualmente pueden debilitar sus canaletas por la lluvia y hacer que se caigan. Los daños y los costos de reparación aumentan dramáticamente como resultado de esto.

#### 4.8 Daños a muebles y electrodomésticos

En el instante en que el agua ingrese a las viviendas, se deben tomar medidas para evitar que el problema no avance. Por otro lado, se debe lidiar con serias dificultades como daños en el suelo, muebles y equipos eléctricos. Por ejemplo, si la ventana se empaña, se debe buscar un limpiador de ventanas profesional e intentar salvarla.

Si el agua se filtra dentro de la casa, el suelo está en peligro. Por esta razón, se debe encontrar una solución rápida al problema; de lo contrario, incurrirá su presupuesto para los gastos. El peor de los casos es

enterarse de que el agua se filtró en la casa mientras estaba fuera. Esto significa que no se tuvo tiempo de reubicar los muebles, computadoras, televisores, etc. Incluso una pequeña cantidad de agua puede causar daños importantes, así que el deber ser es buscar los profesionales para que limpien tus canaletas con regularidad para evitar este tipo de inconvenientes.

#### 4.9 Problemas con los cimientos

En la Figura 9 se observa las afectaciones iniciales que se tienen en la cimentación de la estructura y muros de primer nivel, en donde se genera una humedad por capilaridad, ya sea por diferentes factores como lo es un alto nivel freático o la ausencia de materiales impermeables que impidan el paso de agua por la cimentación. Sin embargo, se establece que la falta de canaletas y ductería que permita el correcto traslado del agua lluvia puede generar una lámina de agua constante la cual es filtrada a la cimentación produciendo la saturación de la estructura, lo que genera grandes problemas de humedad y de deterioro de los materiales por el impacto del agua; asimismo se establece que la falta de mantenimiento del drenaje son factores de gran importancia ya que estos permiten el correcto traslado del fluido y por ende un menor riesgo de humedad en estas zonas.

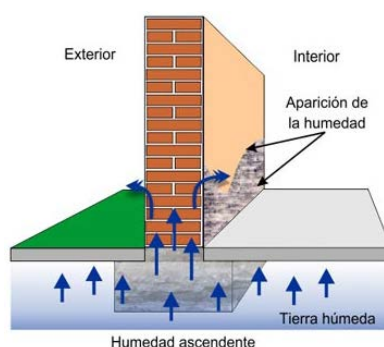


Figura 9. Cimientos con humedad

De acuerdo con lo anterior, se establece que se deben realizar obras que permitan evitar la generación de humedad principalmente en los niveles inferiores ya que estos pueden causar grandes afectaciones en la cimentación, ya sea por el desplazamiento del suelo o por la pérdida de materiales de acabado en muros. Por tal motivo, es de gran importancia evitar estas afectaciones las cuales deben ser reparadas por personal calificado que realicen la limpieza y mantenimiento constante de las canaletas, con el fin de evitar problemáticas futuras en la estructura.

#### 4.10 Infestación de termitas

Las afectaciones causadas por un drenaje deficiente pueden generar la aparición de termitas, ya que están habitan en ambientes húmedos, llegando a causar graves problemas dentro de la vivienda ya que éstas pueden deteriorar la carpintería en madera o librerías.

#### 4.11 Daños al jardín

Las bajantes obstruidas pueden aumentar el flujo de agua, provocando desbordes en los canales llegando a afectar plantas de ornamentación y césped, así mismos, perturbando la capa vegetal, provocando daños en el jardín [11].

### 5. APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

La recogida de agua de marea de los tejados se remonta a muchos años como práctica doméstica, hoy en día, como medida de ahorro frente a la creciente demanda y escasez de este recurso y como resultado de una mayor concienciación, es práctica común recolectar las escorrentías de áreas que no requieren el consumo de agua potable. Sin embargo, aún existe desconocimiento sobre cómo y qué se debe hacer para mantener y operar adecuadamente un sistema de aprovechamiento del agua de los humedales. Los siguientes beneficios vienen con el uso de agua lluvia:

- Es agua limpia en comparación con otras fuentes de agua dulce que están disponibles;
- Es un recurso gratuito e independiente de las empresas de subsistencia;
- Solo requiere una infraestructura relativamente simple para recolectarlo, almacenarlo y distribuirlo.
- Los tres usos y aplicaciones más comunes del agua de lluvia son los siguientes:
- Dentro de los edificios hay baños, cisternas para lavar el suelo y otras comodidades.
- Exterior de edificios: limpieza de zonas ajardinadas, movimiento de tierras y lavado de vehículos.

Los usos industriales incluyen la limpieza de vehículos y superficies industriales, así como el almacenamiento de agua para prevenir incendios y disturbios. Significa que el agua es captada durante un período de tiempo específico, los meses más lluviosos. Como resultado, las empresas que instalan sistemas de recuperación pueden ver una disminución en la actividad durante los períodos de clima húmedo y antes o después de la llegada de estos meses. El aprovechamiento del agua de lluvia se combina con otras fuentes de abastecimiento de agua, entre las que destaca la red de agua convencional. Duplicación de la calidad del agua (de la lluvia y de la red) necesidad de un sistema de gestión eficaz.

Los instaladores de sistemas de aprovechamiento de agua deben ser capaces de diseñar los sistemas de captación, filtración, almacenamiento y distribución y ejecutar su instalación teniendo en cuenta la capacidad, independencia y estanqueidad del sistema. Los siguientes factores de instalación se consideran cruciales.

- *Capacidad de agua que ingresa al sistema.* A la hora de diseñar el sistema para aprovechamiento de aguas pluviales es importante tener en cuenta que nunca se reducirá la sección del tubérculo, por lo que la normativa del CTE siempre permite la libre evacuación del extremo caudal.
- *Independencia del sistema.* El riesgo de cruce de conexiones se reduce si los componentes de captación, filtrado, almacenamiento, direccionamiento, evacuación y aceleración de las aguas de escorrentía son independientes del sistema de abastecimiento de agua potable. Incluso en situaciones de escasez de fluido eléctrico, el sistema debe ser autosuficiente en cuanto a su evacuación (drenaje).
- *Sellado específico de la ubicación.* Los lugares donde se recolecta filtran, almacena, mueve, evacua y utiliza el agua de lluvia deben estar convenientemente señalizados para que puedan ser reconocidos como tales de manera rápida e inequívoca. Los tubérculos, que deben ser siempre de plástico o metal indestructible, deben estar especialmente sellados durante todo su recorrido para evitar cualquier error.
- *Tuberculosis y canalizaciones.* Las raíces y elementos de unión conexos (entrada, rebose y vaciado) deberán cumplir los siguientes requisitos:
  - *Los sistemas de ventilación y limpieza de cisternas.* Los tubos de rebose en los canales y los tubos de desagüe deben estar provistos de sifones. En ninguna circunstancia estos componentes deben reducir la caudal inicial prevista del flujo. Los rebosaderos deben posicionarse de forma que puedan recoger el tapón de agua del depósito flotante. La tubería de agua del depósito debe colocarse de manera que no aspire los sedimentos de la tubería, siendo recomendable un sistema de remolque-flotación. La tubería de agua pluvial debe estar aislada para evitar que se forme condensación.
  - *Emplazamientos.* Los componentes de la instalación deben colocarse en ubicaciones adecuadas que tengan en cuenta su fácil acceso para el mantenimiento de rutina, así como en caso de falla del sistema [10].

## 6. PATOLOGÍA EN PAVIMENTO RÍGIDO

### 6.1 Escalonamiento

La falla más común en los puentes de hormigón sin pasantes expuestos a alto tráfico es causada por una combinación de los factores mencionados anteriormente que afectan el comportamiento estructural del puente, la transferencia de carga insuficiente y la falta de apoyo de los carriles. La escalada de los

perdedores. Imagine un pavimento donde el agua se ha acumulado debajo de los carriles debido a una variedad de factores. Debido a la presencia de gradientes térmicos o de humedad, los carriles están en una posición convexa, lo que hará que reflejen los carriles cargados y muevan el agua acumulada hacia los otros carriles a un ritmo relativamente lento que evita el estallido de pequeñas ramas que puede estar presente ubicarse debajo del pavimento.

Si el movimiento de las cargas entre las dos lasas no es muy eficiente, se producirá un fuerte descenso del nivel del agua a su paso a la siguiente, lo que puede ser suficiente para que las aletas arrastren según el peso de estas. carga y la brusquedad del estrangulamiento. Esta acción parece haber sido acelerada por el levantamiento y succión de la losa anterior después de dejar de ser empujada contra el suelo. Debido al lento fluir del agua en sentido contrario, como se ha dicho anteriormente, los finos desplazados no pueden volver a su posición original y como consecuencia se crea la primera losa debajo de ellos un cordón delgado que causa escalonamiento o desnivelación permanente.

Por lo tanto, se requiere la presencia simultánea de los siguientes factores para que se produzca el escalamiento: Agua debajo de las losas, que generalmente se origina en juntas que no están soldadas correctamente, en los bordes longitudinales del pavimento o en las bermas. Finos debajo de las losas que son el resultado de la erosión de la base, la erosión de la berma o las explosiones de bombas que han ascendido desde las capas inferiores [12].

## 7. FINALIZACIÓN

De acuerdo con la información suministrada, se hizo el ultimo acercamiento al tramo de la calle 94 sur en el barrio el Virrey, como desde un inicio se planteó, se sensibilizo a la población con la información de manera personal o grupal, teniendo en cuenta que la ayuda física como fue el volante con el QR el cual dirigía a la infografía donde pretendía plasmar los pasos globales para la correcta instalación de bajantes; así mismo, se les indico las consecuencias que podría sufrir el mal manejo de los insumos, adicional, mantener la calidad de la ejecución se basa en contar con ayuda de un experto, no solo en la mano de obra sino en el mantenimiento dando una limpieza ya sea a la canal o las diferentes partes que componen la bajante.

A continuación, en la Figura 10 se adjunta el registro fotográfico de acuerdo a la socialización y cierre del proyecto que cumplió el objetivo, no solo de los vecinos que habitan dentro del tramo, sino los demás habitantes aledaños al barrio.



Figura 10. Sensibilización a la comunidad

## 8. CONCLUSIONES

Se puede observar que la vía presenta bastantes afectaciones no solo por las gárgolas, sino que el tiempo y edad que tiene la vía ha aumentado deterioro a pasar de los años, donde los habitantes no tienen

contemplan el hábito de cuidar de ella en aspectos como su limpieza y evitando el golpe directo del agua por las viviendas. Cabe mencionar, de acuerdo con los datos obtenidos en las encuestas a pesar de que gran parte de la comunidad tiene conocimientos acerca de las bajantes de agua lluvia, aun se necesita incentivarlos a realizar una mejora a estos sistemas de drenaje que tienen en sus casas.

Por otro lado, se realizó las socializaciones con la comunidad conforme a la necesidad de desarrollar capacitaciones sobre esta problemática y la preocupación sobre las *afectaciones* en la vía pública y espacio público, además, brindarles opciones e información de cómo prevenir y mitigar las afectaciones a mediano y largo plazo, así mismo, se logró identificar que son adultos mayores los que habitan las viviendas siendo casas familiares que cuentan con un tiempo aproximado entre 20 y 40 años de construcción, adicional, la población en el momento en que se les brindaba la información, eran despectivos, sin embargo la población más joven les intereso el tema prestando la mejor actitud para aprender y ser líderes en la construcción de la bajante.

Por último, se realiza esta investigación con el fin de dar conocimiento y cumplimiento a la *capacitación* de los ciudadanos del tramo en la calle 94 sur Barrio el Virrey, ya que la normativa prohíbe el uso de gárgolas en Azoteas sin bajantes.



## REFERENCIAS

- [1] Gobierno de Colombia. (1997). Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Artículo 5. 11 de junio de 1997. No. 43058.
- [2] ICONTEC. (2004). Norma técnica colombiana 1500 de 2004. Código colombiano de fontanería.
- [3] Real Academia Española. (2022). Canaleta. Asociación de academias de la lengua española. Recuperado: <https://dle.rae.es/canaleta>
- [4] El tornillero en casa. (2019). Todo lo que debe saber sobre las abrazaderas. Mundial de tornillos. Recuperado: <https://acortar.link/eVEyLx>
- [5] Universidad Distrital Francisco Jose Caldas. (2023). Instalación bajante A.LL. Recuperado: <https://xurl.es/8air1>
- [6] Ingenieros industriales. (2020). Cálculo de bajantes de aguas pluviales. Recuperado: <https://xurl.es/k6b80>
- [7] Minambiente. (2023). Agua Lluvia. Recuperado: <https://xurl.es/fzayk>
- [8] Bioestructuras. (2019). Canaletas y bajantes para la recolección de agua de lluvia. Recuperado: <https://xurl.es/b30j7>
- [9] Universidad Antioquia. (2021). Manual de mantenimiento locativo. Recuperado: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/28578/2/Anexo.pdf>
- [10] Asociación Española de Empresas del Sector del Agua. (2018). Aprovechamiento de aguas pluviales. Recuperado: <https://xurl.es/6nt37>
- [11] Rain guateros. (2023). Una reparación de las canaletas de lluvia a tiempo previene daños a tu propiedad. Recuperado: <https://xurl.es/tyqx6>
- [12] Todo en Ingeniería Civil. (2015). El apoyo de las losas y el problema del escalonamiento (i). Recuperado: <https://xurl.es/8ug1w>

# Desarrollo de un aplicativo móvil para promover y ayudar a la recuperación de materiales sólidos

Walter Pardavé Livia<sup>1</sup>

Pedro Luis Delvasto Angarita<sup>2</sup>

Diego Andrés Ballesteros Rivera<sup>3</sup>

*Universidad Industrial de Santander, Colombia*

Los estudiantes manifiestan que la teoría no es suficiente para imaginarse la realidad de las industrias y otros escenarios del reciclado y recuperación de residuos, por lo que sugieren el uso de Apps, simuladores y trabajo con sectores necesitados (recicladores, población vulnerable), que puedan vivenciar con recursos multimediales en los que se puede apoyar con emprendimientos desde la formación universitaria y aportar al cuidado del medio ambiente. Por lo anterior, se ha desarrollado el aplicativo móvil Sistema de recuperación y aprovechamiento de materiales App SIRAMA, herramienta TIC que es un recurso innovador y creativo en la asignatura y que básicamente tendrá opciones desde el Smartphone como tutorial del curso, glosario de términos relacionados con diversos materiales descritos de forma sencilla, información sobre las tecnologías básicas para procesos de aprovechamiento y recuperación de residuos, información de formas de comercialización de los materiales reciclables, base de datos de empresas que forman parte de la cadena de recuperación de materiales reciclables y canales de comunicación directa con profesores o estudiantes de la asignatura para los actores de la cadena del reciclado y aprovechamiento de materiales. El App SIRAMA es la primera versión, y está dirigido a los estudiantes de la asignatura, además de a los actores de la cadena del reciclado de materiales, como: recolectores, bodegas primarias, compradores mayoristas y empresarios o industriales que obtienen diversos productos con algún valor agregado.

---

<sup>1</sup> Magister en Ingeniería. Contacto: [wpardave@correo.uis.edu.co](mailto:wpardave@correo.uis.edu.co)

<sup>2</sup> Doctor en Ingeniería y Ciencia de materiales. Contacto: [delvasto@uis.edu.co](mailto:delvasto@uis.edu.co)

<sup>3</sup> Estudiante Ingeniería Metalúrgica. Contacto: [dabrivera5@gmail.com](mailto:dabrivera5@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los residuos sólidos urbanos constituyen un grave problema para la sostenibilidad del medio ambiente, el crecimiento de la población en las ciudades, el desarrollo económico y el consumo. [1] En el caso de los residuos sólidos como la chatarra metálica, su recuperación y aprovechamiento conlleva varios ciclos en los que se encuentra el transporte, el cual inicia desde el recolector primario (habitantes de calle). En este proceso se recolecta y se surte el material a las chatarrerías minoritarias, quienes lo envían a empresas que se encargan del proceso de clasificación y compactación para luego llevarlas a su destinatario principal, la industria siderúrgica.

Es correcto afirmar que existe una ruta entre los intermediarios para hacer efectivo el reciclaje y el aprovechamiento de los materiales. Sin embargo, no existe una conexión entre los intermediarios y tampoco una regulación del precio de la chatarra, ya que éste es establecido según la necesidad de la empresa encargada en el tratamiento de estos residuos bajo el criterio oferta-demanda; haciendo que los proveedores aumenten el precio de compra al minoritario e informando solo en el punto de compra sin la posibilidad de una comunicación más extensa.

Mediante el uso de la tecnología las entidades educativas y comerciales se han apoyado en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) para impulsar y desarrollar sus intereses.

Contemplando el caso percibido y por medio de las TIC, este proyecto busca ser un vínculo entre las personas interesadas y las empresas involucradas en el sector, por tal motivo, se pretende desarrollar un aplicativo móvil (SIRAMA) que contenga información necesaria sobre los materiales aprovechables y el comercio de estos, para así contribuir en el ámbito educativo y socioeconómico de la region [2].

El uso de la tecnología ha aumentado la implementación de los metales en la producción de equipos electrónicos; la innovación de estos productos ha producido nuevos desechos tecnológicos, creando un nuevo tipo de chatarra donde se destacan las placas de circuito impreso (PCBs). En el caso de los teléfonos móviles, la producción de los teléfonos análogos (hasta la década del 2000) implementó alrededor de 30 elementos químicos, hoy con la innovación de la tecnología, los smartphones emplean 75 elementos químicos (entre ellos muchos metales) para su producción.

Por este motivo, es importante aprovechar los materiales contenidos en los dispositivos que empleamos y así mejorar los procesos de recuperación y reciclado para que sean más completos y eficaces disminuyendo el uso de los recursos naturales primarios, teniendo en cuenta que sin importar el tipo de material o producto que se trate (metal, papel, vidrio, plástico...) su ciclo de vida se desarrolla según las siguientes etapas: materia prima, transformación, producto, utilización, residuo y tratamiento del residuo y disposición final (Ver Figura 1).



Figura 1. El papel de la recuperación y el reciclado en el ciclo de los productos [3]

## 2. MÉTODO

Para desarrollar la totalidad del proyecto se cuenta con seis fases, dentro de las cuales se incluye inicialmente una etapa de recopilación de información y revisión bibliográfica concerniente a la investigación, esta misma será analizada y utilizada en la segunda etapa para el desarrollo de un simulador para realizar la selección de materiales, en la tercera y cuarta etapa se analizarán los resultados

bibliográficos proporcionados con base en una prueba experimental y se efectuarán mejoras a las pantallas del aplicativo. En la quinta etapa, se realizarán encuestas sobre la efectividad del aplicativo móvil y por último se hará la documentación de los resultados, conclusiones y observaciones que proporcionen las etapas anteriores. Para el desarrollo del sistema se propone seguir una metodología en cascada la cual permitirá tomar control de las actividades a realizar.

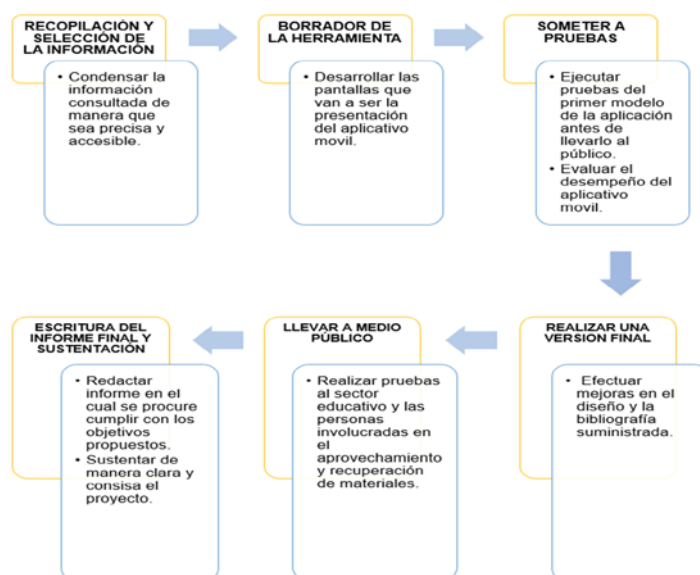


Figura 2. Esquema de las etapas realizadas en el Proyecto

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Inventario de materiales reciclables por tipo

La Tabla 1 muestra la cantidad de residuos sólidos producidos y reciclados por toneladas métricas anuales a nivel mundial, en Colombia y en el área metropolitana de Bucaramanga entre 2018 y 2021.

Tabla 1. Cantidad de material reciclado aproximado por toneladas anuales entre 2018 y 2021 [4, 5]

Tipo	Global		Colombia		Bucaramanga	
	Reportado	Reciclado	Reportado		Reportado	Reciclado
Metales		719.8 M		1 M		42
Chatarra de Hierro		650 M	1.25M	732000		
Acero inoxidable		500 M		547000		
Chatarra de Aluminio	60M	30 M				13
Chatarra de cobre	24M	9.23 M				2
Plástico	368M	66.24 M	1,25 M	300 M	19140	1148.4
Papel y cartón	420M	273 M	1.2 M	820 M	11400	1821
Vidrio	129M [6]	27 M		120 M	3600	337
RCD	6.5 mil millones	2500 M	22 M	8.8 M	$\bar{x}$ = 37949	7
Residuos RAEE	57.4M	10M	130M	0	18.814	
Residuos de pilas y baterías		460 mil	11M	3630	1.479	
Madera	16M	2.4M	1.3 M		1500	
Textiles	92M	11M	799100	8M	10500	
Cuero	7 M	959000	11.3 M	974039		

El panorama observado en Bucaramanga demuestra que no hay cifras exactas de la cantidad de algunos residuos que se generan y aprovechan en la ciudad. En la ciudad se generan cantidades importantes de residuos y se aprovecha menos de la mitad de cada material, encabezando la lista el plástico, el papel y cartón; el resto de estos terminan en el vertedero municipal o se envían a otras ciudades donde existen tecnologías que los reciclan de manera eficiente encontrando nuevas oportunidades para la materia prima como lo es la chatarra, la cual tiene bastante demanda.

En el caso de la chatarra ferrosa, se estima que el acero es la materia prima más reciclada en el mundo, con registros por 650 millones de toneladas al año. Según el Comité Colombiano de Productores de Acero de la Andi, la industria nacional aprovecha más de un millón de toneladas de chatarra al año, un escenario que abre una ventana de oportunidades para empresas como Acerías Paz del Río, Gerdau Diaco, Grupo Siderúrgico Reyna, Sidoc y Ternium, entre otras [6].

Para que en la ciudad aumente el porcentaje de aprovechamiento de varios tipos de residuos, es importante que se especifique cuáles son los materiales con potencial de ser aprovechados, el mercado y las tecnologías que se usan para lograr este objetivo.

## 3.2 Desarrollo de la App para el aprovechamiento de materiales

### 3.2.1 Tecnologías utilizadas para el desarrollo de SIRAMA

Empleando las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC y dispositivos electrónicos de apoyo como computadoras y celulares Smartphone se desarrolló la codificación en un lenguaje de programación relativamente nuevo, el cual es una alternativa al JavaScript. El lenguaje Dart está enfocado a la programación de aplicaciones para dispositivos como smartphones y ordenadores, éste dispone de variables, operadores, enunciados condicionales, bucles, funciones, objetos y listas en donde se define la lógica del código y se puede plasmar la idea a ejecutar. A continuación, se presentan las tecnologías y herramientas complementarias en la realización de la herramienta app.

- *Dart*. Es un lenguaje de programación de código abierto creado por Google en 2011 con la intención de proporcionar una alternativa más moderna a JavaScript. Se trata de un lenguaje especialmente optimizado para la creación de interfaces de usuario. Se trata de un lenguaje declarativo fácil de leer y visualizar, por lo que no necesita de otro lenguaje como XML o JSX para la construcción de interfaces. Todo el código de la aplicación se puede implementar en un mismo lenguaje.

Se utiliza para la creación de aplicaciones con Flutter de ciclos de desarrollo rápidos con tiempos de ejecución y lanzamiento breves en donde el código Dart puede ser compilado sobre la marcha, con lo que se da soporte a la funcionalidad de recarga rápida de Flutter para la actualización del código durante la ejecución acelerando los tiempos de implementación. Además, Dart permite la compilación Ahead of Time AOT, con lo cual se obtiene código nativo con un mucho mejor rendimiento que si se usase un lenguaje interpretado como JavaScript [7].

- *Flutter*. Flutter es un framework de desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma creado por Google. Es de código abierto y permite construir aplicaciones tanto para Android como para iOS. El objetivo de esta herramienta es permitir a los desarrolladores construir aplicaciones multiplataforma a partir de una única base de código, la cual es compilada a código nativo para cada una de las plataformas objetivo. Además, se aprovecha de la flexibilidad de Dart en cuanto a su compilación y ejecución para obtener ciclos de desarrollo más rápidos y tiempos de ejecución más bajos.

Para el desarrollo en Flutter se construye toda la aplicación usando Dart, incluida la interfaz de usuario utilizando una programación orientada a objetos, que se conocen como widgets. En Flutter se utilizan widgets propios que pueden ser personalizados permitiendo una mayor libertad en el diseño de las aplicaciones. Otro de los puntos fuertes de Flutter es la gran calidad de sus herramientas de desarrollo y una recarga rápida mediante la compilación JIT de Dart para reflejar los cambios en el código durante la ejecución de manera casi instantánea manteniendo el estado reduciendo los tiempos de los ciclos de desarrollo [7]. La decisión de usar Flutter frente a otras herramientas para el desarrollo de aplicaciones multiplataforma viene dada principalmente por ofrecer un mayor rendimiento, y utilizar un único lenguaje simple y sencillo.

- *Visual Studio Code*. Es un editor de texto desarrollado por Microsoft usando tecnologías de código abierto como Electron. Al ser solo un editor, no incorpora tantas funcionalidades como un entorno de desarrollo completo. Viene de serie con Git para el control de versiones del código, IntelliSense para la

detección de errores y las sugerencias de código y herramientas de depuración integradas. El verdadero potencial de este editor se encuentra en la personalización. Más allá de la infinidad de temas y fuentes de entre los que elegir, podemos instalar extensiones de su mercado propio, la mayoría de ellas mantenidas por la comunidad. Estas extensiones añaden soporte para lenguajes específicos o proporcionan herramientas adicionales para la realización de algunas tareas [7].

Para el desarrollo de la app SIRAMA se utilizaron las extensiones de Dart y Flutter como complementos de soporte tanto para el lenguaje como para las peculiaridades del framework para ejecutar la aplicación que se está desarrollando y depurar el código desde el editor directamente. La elección de Visual Studio Code viene dada por su velocidad puesto que la menor cantidad de características del editor de texto hacen que sea mucho más liviano y rápido.

### 3.2.2 Interfaz gráfica del aplicativo móvil SIRAMA

Se implementó como apoyo el editor de código fuente Visual Studio Code y framework flutter aportando al diseño un conjunto de widgets totalmente personalizables que se utilizan para crear interfaces rápidamente (Figura 3).

```

import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:sirama_app/src/models/screen_arguments.dart';
import 'package:sirama_app/src/models/screen_arguments_subrutas.dart';
import 'package:sirama_app/src/utils/icono_string_util.dart';
import 'package:sirama_app/src/widgets/circulo_widget.dart';
import 'package:sirama_app/src/widgets/drawer.dart';

class SubCategorias extends StatelessWidget {
  const SubCategorias({Key? key}) : super(key: key);

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    final ScreenArgumentsSubRutas args =
      RouteArgs.of(context).settings.arguments as ScreenArgumentsSubRutas;

    return Scaffold(
      appBar: AppBar(
        centerTitle: true,
        title: Text(
          args.titulo,
          style: TextStyle(
            color: Colors.white,
          ), // TextStyle
        ), // Text
        backgroundColor: Colors.green,
      ), // AppBar
      body: GridView.builder(
        itemCount: args.listaOpciones.length,
        padding: EdgeInsets.all(20.0),
        gridDelegate: SliverGridDelegateWithFixedCrossAxisCount(
          crossAxisSpacing: 12,
          mainAxisSpacing: 12,
          crossAxisCount: 2,
        ), // SliverGridDelegateWithFixedCrossAxisCount
        itemBuilder: (BuildContext context, int index) {
          return InkWell(
            splashFactory: InkRipple.splashFactory,
            borderRadius: BorderRadius.circular(40.0),
            onTap: () {
              Navigator.pushNamed(context, 'example_gridview',
                arguments: ScreenArguments(
                  args.listaOpciones[index]['titulo'],
                  args.listaOpciones[index]['texto'],
                  args.listaOpciones[index]['imagen'],
                  args.listaOpciones[index]['link'],
                  args.listaOpciones[index]['propiedades'])); // ScreenArguments
            },
            child: CircleWidget(
              texto: args.listaOpciones[index]['titulo'],
              icono: Utils.getIcon(args.listaOpciones[index]['icono']),
              color: Colors.green,
            ), // CircleWidget
          ), // InkWell
        ), // GridView.builder
      ), // Scaffold
    );
  }
}

```

```

class HomePage extends StatelessWidget {
  const HomePage({Key? key}) : super(key: key);

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Scaffold(
      appBar: AppBar(
        centerTitle: true,
        title: Text(
          'SIRAMA',
          style: TextStyle(
            color: Colors.white,
          ), // TextStyle
        ), // Text
        backgroundColor: Colors.green,
      ), // AppBar
      body: FutureBuilder(
        future: FirebaseFirestore.instance.collection('categorias').get(),
        initialData: [],
        builder: (BuildContext context, AsyncSnapshot<List<dynamic>> snapshot) {
          if (snapshot.hasData) {
            final List<dynamic> opciones = snapshot.data!;

            return GridView.builder(
              itemCount: opciones.length,
              padding: EdgeInsets.all(20.0),
              gridDelegate: SliverGridDelegateWithFixedCrossAxisCount(
                crossAxisSpacing: 12,
                mainAxisSpacing: 12,
                crossAxisCount: 2,
              ), // SliverGridDelegateWithFixedCrossAxisCount
              itemBuilder: (BuildContext context, int index) {
                return InkWell(
                  splashFactory: InkRipple.splashFactory,
                  borderRadius: BorderRadius.circular(40.0),
                  onTap: () {
                    if (opciones[index]['subrutas'] != null) {
                      Navigator.pushNamed(context, 'sub_categorias',
                        arguments: ScreenArgumentsSubRutas(
                          opciones[index]['subrutas'],
                          opciones[index]['titulo'])); // ScreenArgumentsSubRutas
                    } else {
                      Navigator.pushNamed(context, 'example_gridview',
                        arguments: ScreenArguments(
                          opciones[index]['titulo'],
                          opciones[index]['texto'],
                          opciones[index]['imagen'],
                          opciones[index]['link'],
                          opciones[index]['propiedades'])); // ScreenArguments
                    }
                  },
                  child: CircleWidget(
                    texto: opciones[index]['titulo'],
                    icono: Utils.getIcon(opciones[index]['icono']),
                    color: Colors.green,
                  ), // CircleWidget
                ), // InkWell
              ), // GridView.builder
            );
          } else {
            return const CircularProgressIndicator();
          }
        }, // FutureBuilder
      ), // Scaffold
    );
  }
}

```

Figura 3. Código en el lenguaje de programación DART

### 3.2.3 Icono del aplicativo móvil

Es la pantalla que le da la bienvenida al usuario que muestra el logotipo (Figura 4), el cual es un símbolo que identifica la aplicación SIRAMA. La imagen comprende 3 franjas con los colores de la bandera de Colombia las cuales son un símil a las tres flechas del símbolo universal del reciclaje donde se hace referencia a las 3 erres R: Reusar, Reducir y Reciclar.



Figura 4. Icono del aplicativo móvil SIRAMA

### 3.2.4 Menú de opciones

En esta sección se despliega un menú el cual cuenta con tres opciones las cuales son inicio, contacto y emprendimiento. En esta zona se presentan los intereses del usuario en donde se abarca tanto el ámbito académico como el commercial (Figura 5).

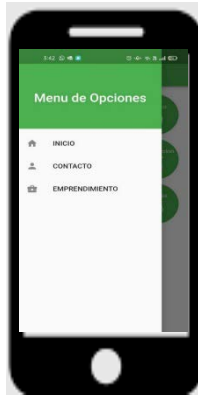


Figura 5. Menú de opciones del aplicativo móvil SIRAMA

En la Figura 6 se muestran las pantallas que permiten la interacción entre la persona al frente de la iniciativa, las personas interesadas, y las empresas, teniendo como objetivo ser un vínculo donde se presente información necesaria sobre los materiales aprovechables y su comercio.

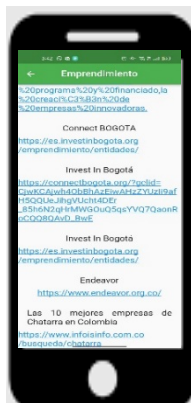


Figura 6. Emprendimientos del aplicativo móvil SIRAMA

### 3.2.5 Menú principal

En la Figura 7, se observa la aplicación móvil SIRAMA expuesta principalmente mediante el uso de pantallas, en las cuales se puede apreciar información sobre los materiales potencialmente reciclables. Mediante la app, los usuarios podrán identificar diferentes residuos con el fin de resolver de manera fácil y rápida las dudas sobre su origen, tipos, propiedades y cómo aprovecharlos desde un enfoque empresarial.



Figura 7. Menú principal del aplicativo móvil SIRAMA

### 3.2.6 Opción Metales

En la Figura 8, se observan los tipos de metales cuyas chatarras son de mayor abundancia dentro del proceso de aprovechamiento de materiales. El interés por la recolección y el reciclaje de estos tipos de materiales está en que la comercialización de metales ferrosos y no ferrosos se incluye dentro del sector económico de prestación del servicio, ya que en este sector se agrupan todas las actividades que se relacionan con la prestación de un servicio ya sea a la comunidad, una empresa o las personas en general. [8]. Además, se observan pantallas donde se presenta una breve descripción, modo de presentación, sus propiedades y links sobre entidades que brindan una asesoría económica de cada una de las chatarras metálicas de interés.

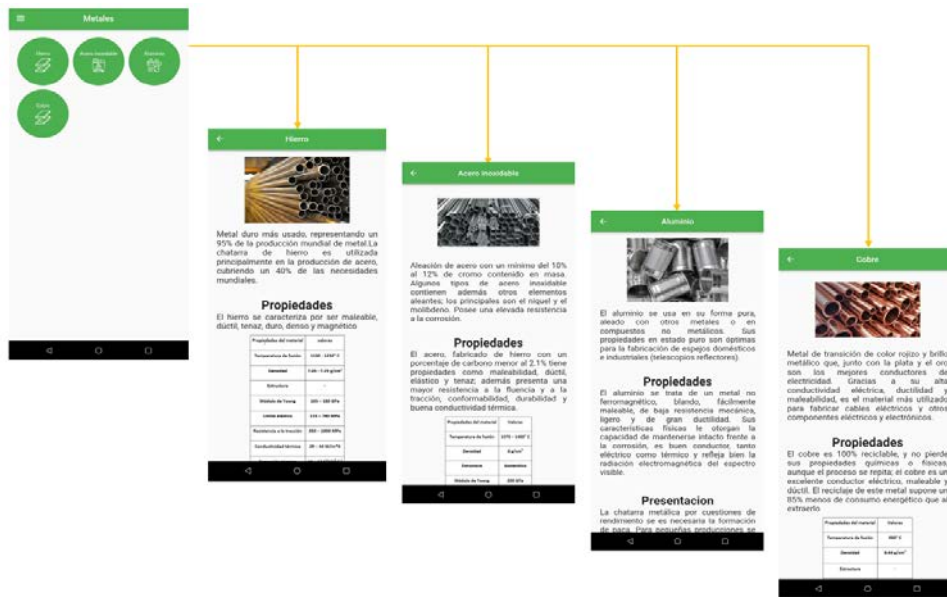


Figura 8. Menú de OPCION selección de metales del aplicativo móvil SIRAMA

### 3.2.7 Opción Plásticos

En la Figura 9, se presenta el conjunto de pantallas sobre la información correspondiente a los diferentes tipos de materiales dentro de los plásticos. Dicho conjunto comprende a los elastómeros, termoplásticos y termoestables, donde se presenta un ejemplo y una tabla de sus propiedades. Es importante incluir a los plásticos dentro del proyecto ya que se producen bastantes residuos de este material, del cual en Bucaramanga de lo que se produce, alrededor de 19140 toneladas solo se recicla el 6%.

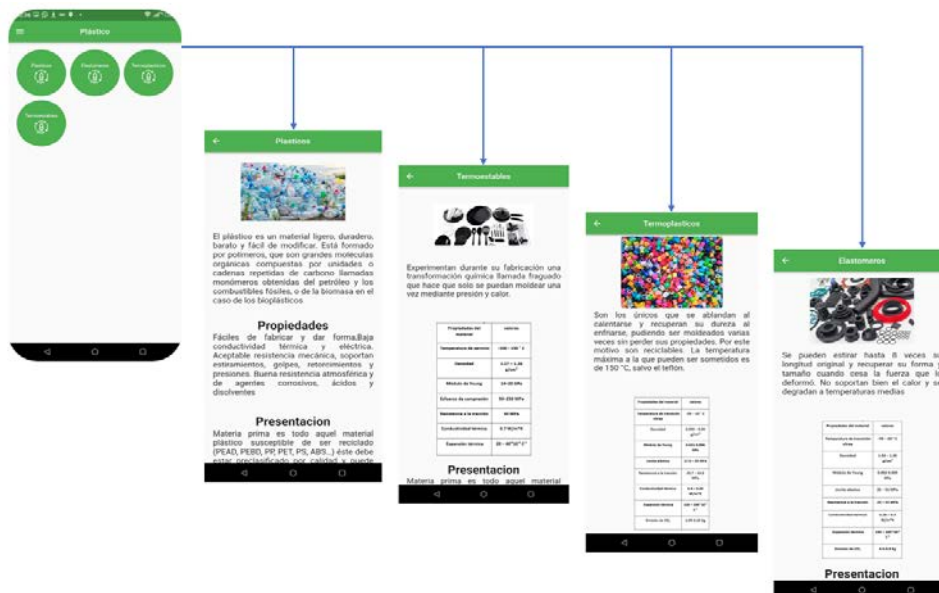


Figura 9. OPCION Tipos de plásticos del aplicativo móvil SIRAMA



Según la caracterización de residuos que se depositan en el vertedero municipal, del total de los residuos plásticos en disposición final el 15,7% son recipientes PET, el 10,8% es PEAD, 4,5% PVC, 38,5% de PEBD, 16,6% PS, 13% otros plásticos y unas trazas de PP [9].

### 3.2.8 Esquema de navegación de la App

En la Figura 10, se muestra la estructura de navegación dentro del aplicativo móvil SIRAMA. Donde se abarca desde el usuario, el cual puede comprender un estudiante, un recolector primario y emprendedores o empresas hasta la interfaz gráfica de la aplicación.

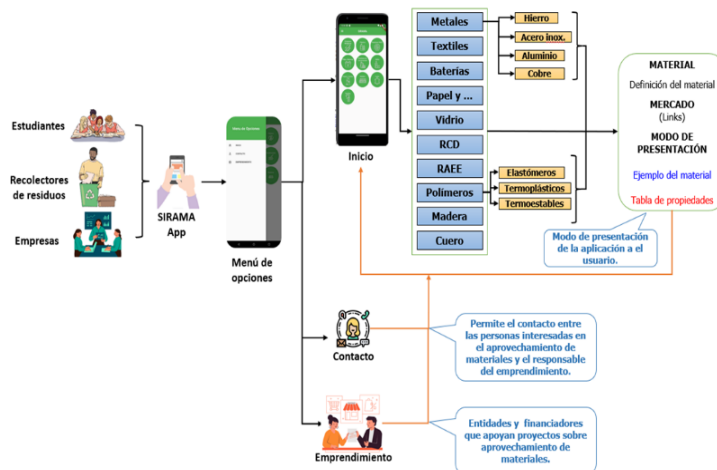


Figura 10. Estructura de navegación aplicativo SIRAMA

### 3.2.9 Resultados de aprendizaje del App

Los estudiantes indican que perciben el aplicativo móvil como una herramienta útil para complementar su aprendizaje en la asignatura aprovechamiento y reciclado de materiales. Esto sugiere que los estudiantes son conscientes de la importancia del reciclaje y están interesados en aprender más sobre el tema. Además, su afirmación de que el aplicativo es fácil de usar y entender indica que el estudiante valora la accesibilidad y la usabilidad de las herramientas tecnológicas.

Además, los estudiantes afirman querer orientar a las personas que están en la cadena de reciclaje y sugieren que tienen una actitud proactiva y comprometida con el tema del reciclaje. Esta respuesta refleja una mentalidad de servicio y de contribución a la sociedad, lo que indica que el estudiante podría ser un agente de cambio en su entorno y en el sector del reciclaje en general.

Los resultados de la encuesta realizada a los recolectores primarios sobre la utilidad que encuentran en el aplicativo SIRAMA en el desempeño de la recolección de residuos sólidos denota que al 95.3% de los encuestados, ven de manera útil el uso de la app para obtener información valiosa sobre el mercado de los materiales reciclables, lo que podría tener un impacto positivo en su productividad, el 4.7% no consideran útil el uso del aplicativo, pues indican no tener acceso a un teléfono móvil (Figuras 11 y 12).



Figura 11. Vista de recolección primaria



**Figura 12.** Recolector primario de materiales con el App SIRAMA

Los resultados de la encuesta realizada a un profesional en el aprovechamiento de materiales sobre la utilidad que encuentra en el aplicativo SIRAMA para el desempeño de la recolección de residuos sólidos, denota un interés por parte del encuestado en el desarrollo funcional del aplicativo, aportando información y recomendaciones relevantes en el enfoque comercial. Además, resalta la utilidad de la app como un apoyo para los nuevos emprendedores en el sector de reciclaje (Figura 13).



**Figura 13.** Empresario de reciclado de materiales con el App SIRAMA

#### **4. CONCLUSIONES**

A nivel global el residuo que más se genera es el que proviene de la construcción y demolición (RCD) de los cuales no se aprovecha la mitad de lo que se produce, así como sucede con otros tipos de materiales cuya producción como desecho se ha incrementado pero su reciclaje no lo ha hecho al mismo ritmo. Por esta razón es importante realizar un registro de la cantidad de residuos sólidos generada y aprovechada para comprender el panorama que se presenta en el país y en la ciudad de Bucaramanga para, por medio del aplicativo móvil, promover y ayudar al aumento de la tasa de recuperación de materiales en la región.

El aplicativo móvil SIRAMA versión 1.0 presenta una interfaz gráfica cómoda de manipular donde se presenta información sobre las características, tipos, mercado y contactos sobre materiales que pueden ser aprovechados. Sin embargo, aún requiere ajustes en detalles de presentación de la información los cuales pueden ser pulidos en posteriores modelos.

El aplicativo móvil es una herramienta que, aunque tiene aspectos por mejorar y se necesita de capacitación tiene posibilidades de relacionarse con estudiantes, ingenieros y comerciantes de gran y pequeña escala en donde existe un interés en el uso de la app como medio de emprendimiento para el aprovechamiento de los materiales desde un enfoque empresarial llegando a contribuir al desarrollo educativo y socioeconómico de diferentes personas y zonas del país.

## REFERENCIAS

- [1] Ortega F. (1995). Introducción a la recuperación y reciclado de los metales no férreos. Omega.
- [2] Pardavé W. (2006). Reciclado industrial de metales. Ecoe Ediciones.
- [3] Seoanez M. (2000). Tratado de recuperación y reciclado de productos a partir de residuos. Ediciones Mundi.
- [4] Tchobanoglous G. et al. (2004). Gestión de residuos sólidos. McGraw-Hill.
- [5] Instituto Geológico Minero de España. (2006). Los Residuos minero-metalúrgicos en el medio ambiente. Alfa.
- [6] Mendivil M. (2015). Diseño de la interfaz de una aplicación móvil y web para la gestión de residuos sólidos urbanos. Recuperado: <https://lsi2.ugr.es/rosana/docencia/master/2015-2016/tfm-mairaMendivil.pdf>
- [7] Huisman J. et al. (2008). Review of directive 2002/96 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) - Final Report. 2007. United Nations University.
- [8] Steubing B. (2000). Situation analysis and estimation of actual and future computer waste quantities using material flow analysis. Federal Institute of Technology (EPFL) / Federal Institute for Material Testing and Research (EMPA). Switzerland.
- [9] Ripley K. (2008). Reaching critical mass - A movement toward addressing electronic waste in Latin America and the Caribbean has been slowly but steady, as more countries look for a common policy. Resource Recycling.

# Una propuesta para reutilizar y aprovechar los residuos de madera generados en las obras de construcción

Joel Felipe Zapata Sosa<sup>1</sup>

Juan David Fuentes Nieto<sup>2</sup>

Olga Lucia Vanegas Alfonso<sup>3</sup>

*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia*

Se desarrolló una herramienta para dar cumplimiento al Reglamento de Residuos de Construcción y Demolición RCD, de acuerdo con la Resolución 0472-2017 de 28 de 2017, a través de un proceso que permite clasificar y caracterizar los residuos de madera en proyectos de construcción. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Bogotá es la ciudad con mayor consumo de madera para la construcción en el país, por lo que se tomó como base para esta investigación. Como material de alto consumo en la industria de la construcción, la madera se encuentra fácilmente disponible, contribuyendo así a una investigación más profunda que permita la elaboración de manuales de proceso basados en el aprovechamiento de los residuos como alternativa para una adecuada disposición final, y de acuerdo con la normatividad ambiental. En cuanto a la normativa, para aprovechar el 2% del total de residuos generados en la obra es necesario determinar los materiales y usos que se les pueden dar, una vez finalizada su vida útil. Por lo tanto, se propone implementar una plantilla que permita determinar qué usos se les pueden dar a estos residuos, y cómo se puede lograr el cumplimiento de la normativa mediante la reutilización o aprovechamiento de los residuos de madera generados en las obras de construcción, a partir de su adecuada gestión.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Civil. Contacto: [jzapatasa@uniminuto.edu.co](mailto:jzapatasa@uniminuto.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Civil. Contacto: [jfuentesni1@uniminuto.edu.co](mailto:jfuentesni1@uniminuto.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Civil. Contacto: [olga.vanegas@uniminuto.edu](mailto:olga.vanegas@uniminuto.edu)

## 1. INTRODUCCIÓN

La construcción es una industria importante y en constante crecimiento en todo el mundo, lo que significa que la cantidad de residuos generados por esta industria también está aumentando. Según [1] la construcción y los edificios son responsables del 39% del total de las emisiones de dióxido de carbono en todo el mundo. Los residuos de madera son uno de los principales tipos de residuos generados en la construcción, y aunque son un recurso valioso que se puede reciclar y reutilizar, a menudo se eliminan incorrectamente en vertederos o se queman, lo que genera emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación del aire. Por lo tanto, es importante encontrar métodos eficaces y sostenibles para reciclar los residuos de madera de la construcción.

Según [2] la madera es un recurso renovable y sostenible que se puede reciclar y reutilizar. Además, la gestión adecuada de los residuos de madera puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir a la lucha contra el cambio climático. Es por lo que es fundamental encontrar soluciones prácticas y sostenibles para el reciclaje de madera de residuos de la construcción.

El objetivo de este capítulo es presentar un método optimizado para el reciclaje de madera de residuos de la construcción en la empresa Robles Rodríguez del proyecto Urbano Tintal. Para lograrlo, se llevó a cabo una revisión bibliográfica detallada de los métodos y tecnologías disponibles para el reciclaje de madera, así mismo, se diseñó un experimento para comparar diferentes métodos de reciclaje y se evaluaron los resultados para determinar el método más eficaz y sostenible.

El contenido está dirigido a la comunidad de ingenieros civiles interesados en el reciclaje de materiales de construcción y en la reducción del impacto ambiental de la construcción. Además, se espera que sea de interés para los responsables políticos y los tomadores de decisiones en la construcción, ya que se presenta una solución práctica y sostenible para la gestión de los residuos de madera en la construcción.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

En Colombia, la industria de la construcción es una de las más importantes, lo que significa que la cantidad de residuos generados también sea significativa, según un informe del Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible de Colombia, en 2018 se generaron 18,5 millones de toneladas de residuos sólidos en el país, de los cuales el 9,4% corresponden a residuos de madera. Esto se traduce en aproximadamente 1,7 millones de toneladas de residuos generados en un solo año.

Los residuos de madera generados pueden tener diferentes destinos finales, como vertederos, incineradoras o plantas de compostaje, sin embargo, en su mayoría llegan a rellenos sanitarios que pueden tener un impacto negativo al medio ambiente. La madera utilizada en la construcción no solo genera impacto al medio ambiente con sus residuos, si no desde su adquisición en la tala de árboles para los diferentes usos en el campo:

1. Estructuras de madera: construcción de marcos de casas, vigas y pilares.
2. Revestimientos de paredes y techos: se utiliza en la construcción de revestimientos de paredes y techos, ya sea como paneles o como elementos decorativos. Los paneles de madera pueden proporcionar una apariencia cálida y natural a un espacio, mientras que las vigas y otros elementos decorativos pueden agregar interés visual.
3. Puertas y ventanas: es un material popular para la fabricación de puertas y ventanas, debido a su belleza natural y su resistencia, también puede ser tratada para hacerla resistente a la intemperie y a los insectos, lo que la hace adecuada para su uso en exteriores.
4. Suelos: se utiliza en la construcción de suelos, ya sea en forma de tablones de madera maciza o como un revestimiento de madera contrachapada. Los suelos de madera pueden proporcionar una apariencia elegante y duradera, y son fáciles de mantener.

5. Paneles estructurales: La madera laminada encolada MLE se utiliza en la construcción de paneles estructurales como paneles de pared, paneles de techo y paneles de suelo. Estos paneles ofrecen una alta resistencia y estabilidad, lo que los hace ideales para la construcción de edificios de gran altura.

Elegir la madera correcta en la construcción implica clasificarla:

- *Por su origen:* la especie de árbol del cual proviene. Cada especie tiene diferentes características en términos de densidad, dureza, resistencia y apariencia, lo que las hace adecuadas para diferentes usos en la construcción. Algunas especies de madera utilizadas comúnmente en la construcción son el pino, el cedro, el roble, el abeto y la teca.
- *Por su grado:* se refiere a su calidad, es decir, a la uniformidad y apariencia de la madera, así como a sus características estructurales. La madera se clasifica en diferentes grados según su apariencia, resistencia y otras características. Los grados de la madera varían según la región y el país, pero algunos de los más comunes incluyen el grado selecto, el grado común y el grado utilitario.
- *Por su humedad:* según su contenido de humedad, que afecta a su peso, resistencia y otras características. La madera seca al horno, por ejemplo, se utiliza comúnmente en la construcción, ya que tiene un contenido de humedad bajo y es menos propensa a deformarse o encogerse.
- *Por su procesamiento:* según la forma en que ha sido procesada. La madera aserrada es la forma más común de madera utilizada en la construcción, y se puede obtener en diferentes tamaños y formas. La MLE, por otro lado, se produce al pegar capas de madera juntas para crear piezas más grandes y resistentes.

En muchos países la gestión de residuos de la madera está regulada por normativas y regulaciones específicas, en Colombia la Resolución 2183 de 2019 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia establece los requisitos técnicos y ambientales para la gestión integral de los residuos de madera en el país. Esta resolución es una medida importante para la protección del medio ambiente y la promoción de la sostenibilidad en la industria de la construcción.

Dicha resolución insta cuatro categorías de residuos de madera, cada una con su propia clasificación y uso específico. Los residuos de aserrín son considerados inertes y pueden ser utilizados como material de relleno para la construcción o como combustible para calderas de baja potencia. Los residuos de madera para reciclaje son aquellos generados en la fabricación de productos de madera y pueden ser reciclados para su reutilización. Los residuos de madera para uso energético son aquellos utilizados para generar energía térmica y pueden ser transformados en briquetas o pellets de madera. Por último, los residuos de madera para disposición final son aquellos que no pueden ser aprovechados y deben ser eliminados adecuadamente en lugares de disposición final autorizados.

La gestión integral de los residuos de madera implica la implementación de medidas para prevenir la generación de residuos, su separación en la fuente, almacenamiento temporal, recolección, transporte y disposición final, Además la promoción de la valorización de los residuos de madera también tiene un impacto positivo en la economía y la creación de empleo en el país. La industria de la madera y la construcción pueden beneficiarse de la reutilización de los residuos de madera para la fabricación de nuevos productos, lo que puede aumentar su eficiencia y productividad.

Es importante tener en cuenta que los residuos de madera pueden estar contaminados con sustancias químicas utilizadas en la construcción, como adhesivos, selladores, pinturas y tratamientos para la preservación de la madera. Estas sustancias pueden reducir la calidad de la madera para su reciclaje y deben ser tratadas adecuadamente antes del proceso de reciclaje.

De acuerdo con [3] el conocimiento de las características de los residuos de madera es importante para la selección adecuada de la tecnología y proceso de reciclaje que se utilizará en el proceso. También es importante para la planificación del transporte y almacenamiento de los residuos de madera antes del

proceso de reciclaje. La elección de la tecnología y proceso de reciclaje a utilizar depende en gran medida de la calidad y cantidad de la madera de residuos, así como del destino que se le dará al material reciclado. A continuación, se describen técnicas utilizadas para el reciclaje de madera de residuos de construcción:

1. *Trituración*: esta técnica se utiliza para reducir el tamaño de la madera y prepararla para su posterior procesamiento. La madera se coloca en una máquina trituradora que la descompone en fragmentos.
2. *Pulido*: después de la trituración, la madera puede someterse a un proceso de pulido para eliminar cualquier impureza o contaminante presente en la superficie del material. El pulido también puede mejorar la calidad y apariencia del material reciclado.
3. *Prensado*: una vez que se ha preparado la madera, puede someterse a un proceso de prensado para formar tableros y otros materiales similares. El prensado consiste en comprimir la madera triturada y pulida en una forma deseada utilizando altas presiones y temperaturas.
4. *Gasificación*: este proceso convierte la madera en un gas combustible que puede utilizarse como fuente de energía. Durante la gasificación la madera se somete a altas temperaturas en presencia de un agente gasificante.
5. *Compostaje*: esta técnica se utiliza para descomponer la madera y convertirla en compost. La madera triturada se mezcla con otros materiales orgánicos y se somete a un proceso de compostaje en el que se promueve la actividad microbiana para descomponer la materia orgánica.
6. *Reutilización*: también es posible reutilizar la madera de residuos de construcción de diversas formas, como en la fabricación de muebles, decoración de interiores y exteriores, entre otros usos.

Es importante destacar que el reciclaje de madera de residuos de construcción en Colombia todavía enfrenta desafíos, como la falta de infraestructura y tecnologías adecuadas para su procesamiento y la falta de conciencia y compromiso por parte de los generadores de residuos [4]. Sin embargo, con políticas y programas adecuados el reciclaje de madera puede convertirse en una práctica común en la industria de la construcción en Colombia. Algunas de las empresas constructoras en Colombia que generan residuos de construcción y demolición que contienen madera son:

- Constructora Bolívar
- Coninsa Ramón H
- Ospinas y Cía
- Amarilo
- Arpro
- Oikos
- Constructora Marval
- CFC Construcciones
- Colpatria Constructora
- Constructora MECO

Se debe tener en cuenta que estas empresas son solo algunas de las muchas que existen en Colombia y que generan residuos de construcción y demolición que contienen madera. Además, es posible que algunas de estas empresas están tomando medidas para reducir la cantidad de residuos que generan y para implementar prácticas de reciclaje y reutilización de materiales de construcción. Por esta razón, algunos factores que pueden afectar la implementación del reciclaje de madera en la industria de la construcción en Colombia son:

1. *Falta de conciencia ambiental*: Muchas empresas de construcción en Colombia aún no están concienciadas sobre la importancia del reciclaje de madera y su impacto positivo en el medio ambiente. Según [5], la falta de conciencia ambiental y la falta de educación sobre la importancia del reciclaje son barreras para la implementación del reciclaje en la industria de la construcción.

2. *Falta de incentivos*: En algunos casos, los costos asociados a la implementación del reciclaje de madera pueden ser mayores que los de la disposición convencional de residuos, lo que desincentiva su implementación. Según [6], la falta de incentivos financieros y fiscales es uno de los principales obstáculos para el reciclaje de madera en la construcción.
3. *Falta de infraestructura*: En algunos lugares, la infraestructura necesaria para el procesamiento y transporte de la madera reciclada aún no está disponible, lo que dificulta su implementación. Según la investigación de [7], la falta de infraestructura es uno de los principales desafíos que enfrenta la implementación del reciclaje de madera en la construcción.
4. *Falta de capacitación*: Los trabajadores de la industria de la construcción en Colombia pueden no tener las habilidades necesarias para separar y manejar adecuadamente la madera de los residuos de construcción y demolición. Según [8], la falta de capacitación y educación sobre el manejo adecuado de los residuos de construcción y demolición es un problema común en la industria de la construcción.
5. *Regulaciones débiles*: Las regulaciones ambientales en Colombia pueden ser débiles o no estar bien implementadas, lo que dificulta la adopción del reciclaje de madera en la industria de la construcción. Según la investigación de [9], la falta de regulaciones ambientales efectivas y su falta de cumplimiento son un obstáculo para el reciclaje de madera en la construcción.
6. *Competencia de materiales más baratos*: En algunos casos, la madera reciclada puede ser más costosa que otros materiales alternativos, lo que dificulta su adopción en la industria de la construcción. Según la investigación de [10], la competencia de materiales más baratos es un desafío que enfrenta el reciclaje de madera en la construcción en Colombia.

Estos son solo algunos factores que pueden afectar la implementación del reciclaje de madera en la industria de la construcción en Colombia.

### 3. MÉTODO

Esta investigación se llevó a cabo utilizando una metodología combinada, de consulta bibliográfica y de investigación de campo, con el fin de evaluar un método óptimo para el reciclaje de la madera, se escogió el proyecto Urbano Tintal que se encuentra en ejecución de la empresa Robles Rodríguez, como se muestra en la Figura 1, el cual consiste en la construcción de dos torres de 12 pisos en sistema industrializado, ubicado en la Calle 5A 93B-2, barrio Osorio localidad Kennedy.



Figura 1. Proyecto Urbano Tintal

El proyecto urbano Tintal está en etapa estructural, donde es importante el diseño, el análisis y los detalles constructivos y donde se hace uso de la mayor parte de la madera y se genera de forma general gran parte de los residuos de construcción, como se puede ver en la Tabla 1.



La obra ha generado más de 50 toneladas de residuos derivados de la construcción de las 2 torres, donde 5 toneladas pertenecen a residuos de madera, datos proporcionados por la constructora estos han sido almacenados en un área de disposición final, no se cuenta con procedimientos de reciclaje de madera.

Con el fin de evaluar los métodos de reciclaje de la constructora Robles Rodríguez se realizó una encuesta a los trabajadores por medio de preguntas puntuales de respuesta única sí o no, el objetivo de la encuesta es sondear los conocimientos previos que puede llegar a tener un trabajador sobre los métodos de reciclaje utilizados para la madera, así como los diferentes tipos de madera que se utilizan en una construcción, los resultados de la encuesta los vemos en la Tabla 2, donde se indica los conocimientos que el personal de Robles Rodríguez tiene del reciclaje de la madera

**Tabla 1.** Clasificación de residuos de construcción y demolición

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
<b>A. RCD APROVECHABLES</b>	I- Residuos mezclados	1. Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría <sup>(1)</sup> .
		1. Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría <sup>(1)</sup> .
	III- Otros Residuos	2. Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría <sup>(1)(2)</sup> .
		1. Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.
		2. Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc.
		3. Residuos orgánicos de pedones	Residuos de tierra negra.
		4. Residuos orgánicos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas.
<b>B. RCD NO APROVECHABLES</b>	IV-Residuos peligrosos	1. Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos, patógenos (biológicos)	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias, desechos explosivos, y los residuos o desechos incluidos en el Anexo I y Anexo II o que presenten las características de peligrosidad descritas en el Anexo III del Decreto 4741 de 2005.
<b>B. RCD NO APROVECHABLES</b>	V-Residuos especiales	No definida	Poliestireno - Icopor, cartón-yeso (drywall), llantas entre otros
	VI- Residuos contaminados con otros residuos	1. Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos. Estos deben ser dispuestos como residuos peligrosos.
		No definida	Residuos contaminados con otros residuos, que hayan perdido las características propias para su aprovechamiento.
	VII- Otros residuos	No definido	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reuso en las obras.

**Tabla 2.** Sondeo de conocimientos previos

Preguntas	Total	
	SI %	NO %
1. ¿Conoce algún método de reciclaje para la madera?	30%	70%
2. ¿Conoce los tipos de madera que se utilizan en la obra?	60%	40%
3. ¿Sabe disponer correctamente los residuos generados por la construcción?	10%	90%
4. ¿Conoce donde se disponen los residuos de la construcción?	20%	80%
5. ¿Sabe usted clasificar los residuos de la madera?	10%	90%

En este sondeo participaron 15 trabajadores de la empresa Robles Rodríguez que tenían la disposición de apoyar y contribuir con este estudio, las respuestas dadas por los trabajadores fueron a conciencia desde el conocimiento que tenían del tema relacionado, de acuerdo con las respuestas evidenciadas en las Figuras 2 y 3 se observa que a nivel técnico el conocimiento que cada uno tiene sobre este tema es muy limitado, lo que complica una correcta reutilización de este material.

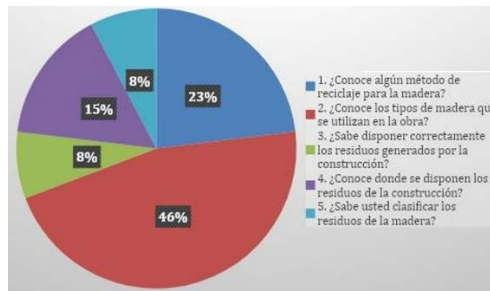


Figura 2. Participación sondeo Total Si



Figura 3. Participación sondeo Total No

Durante el recorrido en la obra se evidenció que la madera resultante de la construcción se encuentra ubicada en un punto de acopio que no cuenta con las características necesarias para poder hacer una correcta clasificación y separación como se evidencia en Figura 4, lo que dificulta una correcta su reutilización posterior, adicional se encuentra a la intemperie lo que afecta sus características. Indagando sobre los métodos de reciclaje que la constructora tiene implementados, se informa que no tienen ninguno, indican que simplemente le hacen disposición final como RCD.



Figura 4. Acopio de residuos de madera

Con el fin de identificar los tipos de madera que se generan como residuos de la construcción, y como se evidencia en la Figura 5, se realiza separación manual.



Figura 5. Verificación y clasificación residuos de madera

De la verificación y clasificación de la madera realizada en la obra se evidencia que hay 5 principales tipos de residuos de madera:

- Aglomerado súper T formaleta: como se ve en la Figura 6, es un panel de partículas de madera aglomerada resistente a la humedad, con una película de resina polimérica sobre sus caras que le otorga durabilidad, impermeabilidad y acabado liso.

- Madera aserrada de pino 4 x 8,5 cm x 3,0 m aproximadamente: Como se ve en la Figura 7, la madera de pino es quizás la madera más usada y conocida. Se debe a varios factores entre los destacan su abundancia, su facilidad para trabajar y versatilidad. Presenta unos buenos índices en resistencia, contracción y flexión, e impregnabilidad. No destaca en ninguno de ellos, pero la combinación suele ser buena.



**Figura 6.** Aglomerado súper T formaleta



**Figura 7.** Madera aserrada de pino 4 x 8,5 cm x 3,0 m aproximadamente

- Bocel triangular: Como se ve en la Figura 8, la *Cedrelinga catenaeformis* es una especie arbórea perteneciente a la familia de las leguminosas (Fabaceae). Se distribuye por los trópicos de Sudamérica, entre 0 y 750 m s. n. m.



**Figura 8.** Bocel Triangular

- Alfarda 10cm X 238cm: Como se ve en la Figura 9, la alfarda de Ø10 x 600 cm es cilíndrica, maciza e inmunizada. Es un producto ecológico de madera de pino resistente a la humedad y a los cambios climáticos.



**Figura 9.** Alfarda 10 x 238cm

- Los tableros tricapa están formados por tres capas de madera: Como se ve en la Figura 10, los tableros tricapa, como hemos adelantado, están formados tres capas de madera unidas entre sí por algún adhesivo (el más habitual es el muf o melamina urea formol). Para conseguir la resistencia y estabilidad es necesario que las capas externas estén las vetas de la madera en sentido longitudinal y la capa interior en sentido transversal. la mayor parte de las veces, estos tableros están fabricados con madera de pino o de abeto a las que es frecuente aplicar un recubrimiento final, debido a que son maderas abundantes, de crecimiento rápido y fáciles de trabajar. aun esto, en el mercado también podemos encontrar tableros de madera tricapa fabricado con otras especies de madera como roble, alerce ...








Figura 10. Tableros tricapa

### 3.1 Clasificación del material de los acopios de la obra

Las cantidades y clasificación específicas de los materiales obtenidos del acopio de la madera se observan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Cantidades de material seleccionado

Material	Foto	Cantidad en kg
Aglomerado súper T formaleta		650.00
Madera aserrada de pino 4 x 8,5 cm x3,0 m aproximadamente		720.00
Bocel triangular		540.00
Alfarda 10 x 238cm		1,560.00
Los tableros tricapa están formados por tres capas de madera		2,200.00
Total de kg de madera		5,670.00

En la Figura 11 se observan los datos del material más utilizado.



Figura 11. Sondeo de material clasificado

#### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

De la encuesta realizada a los 15 trabajadores de la empresa Robles Rodríguez se puede analizar lo siguiente:

- Se evidencia que más de la mitad del personal encuestado desconoce de un método adecuado para reciclar la madera y darle un segundo uso.
- Se observa que más del 60% del personal encuestado identifica y conoce los tipos de madera que son utilizados y desechados en la ejecución de sus obras.
- El 90% del personal encuestado, desconoce la forma correcta de darle una disposición a los residuos generados, lo que dificulta un correcto reciclaje
- La mayoría del personal encuestado desconoce los lugares de disposición final de los residuos generados por la construcción.
- Se analiza que la mayoría de los trabajadores desconoce la forma correcta de disponer y clasificar la madera de residuos de construcción.

Revisando los 6 métodos de reciclaje de la madera se observa que no todos son viables para este proyecto por los residuos generados (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis métodos de reciclaje

Método	Análisis
1. Trituración	En general los residuos obtenidos de madera se pueden triturar independientemente que sean duros o blandos.
2. Pulido	La madera para utilizar en este método debe estar en buenas condiciones, no debe estar contaminada, porosa. Se aconseja utilizar madera con un porcentaje de humedad de 10- 15% sea blanda o dura, en esta se usan astillas o virutas.
3. Prensado	Se requiere madera seca limpia y sin tratar químicamente de preferencia madera dura en este caso solo aplica el residuo de madera aserrada las demás que disponemos se encuentra húmeda, astillada y blanda imposibilitando la gasificación.
4. Gasificación	Se recomienda utilizar maderas blandas y de rápido crecimiento, libres de productos químicos o pinturas, y troceadas o trituradas para acelerar su descomposición. Este método es una buena opción secundaria de reciclaje al de trituración.
5. Compostaje	Se recomienda utilizar madera que este en buenas condiciones, los residuos obtenidos se encuentran porosos y astillados además que su tamaño no es adecuado para realizar un proyecto de reutilización que tenga una vida útil.
6. Reutilización	

#### 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos en la encuesta realizada a los diferentes trabajadores de la empresa Robles Rodríguez se observa que el desconocimiento de los temas relacionados con el reciclaje de los residuos generados en la obra específicamente la madera, genera dificultades para una correcta clasificación para su correcto reciclaje.

Se debe sensibilizar a los trabajadores de la importancia del reciclaje de los residuos de madera en la construcción, así como generar planes y programas de capacitación para el manejo adecuado de dichos residuos, esto puede traer beneficios sociales, ambientales y económicos.

Las características de los residuos de madera generados en el proyecto de la empresa Robles Rodríguez según la clasificación y análisis de las características pueden ser reciclados por medio de métodos óptimos como la trituración y compostaje, cabe resaltar que si se le diese en principio un manejo adecuado a los residuos donde no recibieron la lluvia o sol constante su utilidad pudiese ser de mayor beneficio.

## REFERENCIAS

- [1] Agencia Internacional de Energía. (2019). Global Energy & CO2 Estatus Report 2019. Recuperado: <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019>
- [2] FAO. (2021). Wood energy and timber utilization. Recuperado: <http://www.fao.org/forestry/wood-energy/en/>
- [3] Maldonado A. et al. (2019). Caracterización y clasificación de los residuos de madera en la construcción. *Revista de Investigaciones UN* 37(3), 93-101.
- [4] Gutiérrez J. et al. (2018). Reciclaje de madera proveniente de residuos de construcción y demolición (RCD): Una revisión. *Revista de Investigación Académica* 56, 1-12.
- [5] Rondón L. et al. (2017). Perspectivas de reciclaje de materiales de construcción en Colombia. *INGE CUC* 13(1), 27-38.
- [6] Villar H. et al. (2016). Análisis de los aspectos económicos y ambientales del reciclaje de residuos de madera. *Ambiente y Desarrollo* 20(38), 67-84.
- [7] Medina D. et al. (2017). Reciclaje de residuos de madera en la construcción. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 16(30), 99-110.
- [8] Arboleda D. et al. (2018). Evaluación del manejo de residuos de construcción y demolición en Medellín (Colombia). *Tecnura* 22(56), 35-47.
- [9] Herrera Y. et al. (2019). Análisis de las barreras para el reciclaje de materiales de construcción en Colombia. *Revista Internacional de Desarrollo Sostenible y Cooperación* 8(1), 47-59.
- [10] García L. et al. (2020). Evaluación del impacto ambiental del proceso de reciclaje de madera en la construcción en Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería* (88), 77-85.

# Fabricación de cartón y envases troquelados en el norte de Chile a través del diseño de un Plan de Negocios

Jorge Sebastián Basulto Escobar<sup>1</sup>

Paola Karen Mamani Apala<sup>2</sup>

Francisco Javier Cartes Arenas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Independiente

<sup>2,3</sup>Universidad Arturo Prat

Chile

El objetivo de este estudio es elaborar un plan de negocios para evaluar la viabilidad económica de establecer una empresa fabricante de cartón ondulado y envases troquelados en la comuna de Iquique, Chile, que permita diseñar y fabricar envases de cartón creando la mejor solución para restaurantes, permitiéndoles diferenciarse de la competencia apoyando la identidad de la marca y los valores de la organización, con la meta de que el envase se adapte al producto y no al revés. Para esto es necesario conocer las necesidades del cliente, como características del producto, del transporte, el usuario y cómo será manipulado. El principal reto para la industria es el impacto ambiental reflejado en la nueva ley de responsabilidad extendida del productor, que busca financiar una correcta gestión de los residuos que generan los productos. En el análisis financiero se determinó una tasa de costo de capital del 17,04%, con un horizonte de evaluación de 5 años, los resultados obtenidos para el escenario base son VAN USD \$35.000, el TIR 31,15%, siendo el periodo de recuperación de 3 años y 2 meses. Dado que las variables estimadas en el caso base tienen la probabilidad de no ocurrencia, es necesario estimar los resultados en otros escenarios. Los resultados de los distintos estudios permiten afirmar que el proyecto es viable económicamente.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Civil Industrial. Contacto: [Jorge.basulto.escobar@gmail.com](mailto:Jorge.basulto.escobar@gmail.com)

<sup>2</sup> Magíster en Ingeniería Industrial. Contacto: [pamamani@unap.cl](mailto:pamamani@unap.cl)

<sup>3</sup> Magíster en Estadística Aplicada. Contacto: [fcartes@unap.cl](mailto:fcartes@unap.cl)



## 1. INTRODUCCIÓN

La última milla es el proceso de entrega final al cliente desde el centro de distribución, al ser una de las fases más importantes en la logística [1] ha presentado un gran interés y desarrollo en el último tiempo, sobre todo entre los actores online del sector súper-mercadista y aquellos ligados al rubro gastronómico según [2] esto a su vez ha provocado el aumento de la necesidad de empaques un único uso para realizar las entregas que a su vez permitan transmitir los valores de la marca.

Según [3] la industria del *packaging* se encarga de los procesos de diseño, evaluación y producción de empaques para almacenaje, distribución y venta al público, con el objetivo de permitir la preservación de las características físicas del producto que transporta e Identificar de forma inmediata un producto. El diseño de empaques forma parte de las estrategias de marketing, permitiendo diferenciar la organización de otras gracias a la personalización posibilitando comunicar de manera directa a los clientes, además de mantener las características del producto en su traslado [4].

Para desarrollar un envase y empaques es necesario conocer el uso y mercado destino, tomando en cuenta el medio de transporte que utilizarán, las diferentes temperaturas que deberán soportar, los almacenajes en los puntos de conexión de la carga y la dureza que deberá tener para soportar toda la cadena logística. Los materiales más usados para fabricación de envases de un solo uso son el plástico, cartón y papel, dado su facilidad para trabajar con ellos y su bajo costo, siendo el cartón corrugado el que presenta más ventajas dado que ofrecen una protección del producto y unas características de barrera comparable al plástico [5], además de tener un impacto ambiental menor las ultimas legislaciones prohíben el uso de plástico [6].

Dado que actualmente dentro de la comuna de Iquique no existe ninguna organización que ofrezca la posibilidad de desarrollar empaques, las pequeñas y medianas empresas en el rubro gastronómico ven obligadas a utilizar envases comunes ofrecidos por empresas de distribución o adquirir grandes lotes en otras comunas teniendo que incurrir en gastos de transporte y almacenaje.

Servicios y Ventas del Norte SPA, es una empresa con nombre de fantasía *Metro Pizza Bilbao* en el rubro gastronómico, se ha visto afectada por la poca variedad de envases en la comuna de Iquique, viéndose obligada a tener que esperar meses para poder comprar a los proveedores dentro de la ciudad de Iquique, por la sobre demanda de envases de cartón troquelado, viéndose obligado a hacer grandes gastos en compras de envases fuera de la comuna sumando el costo de envío y almacenaje, haciendo peligrar la viabilidad económica de la empresa al no poder vender sus productos durante semanas.

Por esto, Servicios y Ventas del Norte ha observado la oportunidad de evaluar la viabilidad económica de establecer una empresa fabricante de cartón ondulado y envases troquelados en la comuna de Iquique.

Con el fin de dar solución a la problemática expuesta se busca realizar como trabajo de título una propuesta de plan de negocios para fundar una empresa troqueladora de cartón que cubra la demanda de las pequeñas y medianas empresas de rubro gastronómico, dado que, de los materiales para empaques el más utilizado de único uso es el cartón al ofrecer un costo más asequible, siendo fácil de modelar y reciclar.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Plan de negocios

El plan de negocios es un proceso por el cual los empresarios logran plasmar sus ideas y objetivos de sus ideas de negocios en un documento, buscando dar respuestas adecuadas, en un momento específico, a las cinco grandes preguntas que las partes interesadas desean resolver [7]:

- ¿Qué es y en qué consiste la empresa?
- ¿Quiénes dirigirán la empresa?
- ¿Cuáles son las causas y las razones para creer en la viabilidad del proyecto?

- ¿Cuáles son los mecanismos y las estrategias que se van a utilizar para lograr las metas previstas?
- ¿Qué recursos se requieren para llevar a cabo la empresa y qué estrategias se van a usar para conseguirlos?

## 2.2 Estudio de mercado

El mercado para un producto, servicio o idea consiste en aquellas personas con un interés real o potencial, así como con los recursos para intercambiarlo. Siendo el interés la capacidad que tiene el producto para satisfacer en mayor o menor grado las necesidades de dichas personas [8]. El estudio de mercado busca identificar, segmentar, medir el tamaño actual y el tamaño potencial de las personas con un interés real o potencial por el producto, según [8] busca responder el comportamiento del consumidor, características del mercado y medio ambiente del mercado.

## 2.3 *Design thinking*

Según [9], *Design Thinking* es una metodología para resolver problemas reduciendo riesgos y aumentando las posibilidades de éxito, evitando una falta de alineación producto mercado. Se centra en las necesidades humanas y a partir de ahí, observar, crear, prototipar y probar, conectando conocimientos de diversas disciplinas para llegar a una solución humanamente deseable, técnicamente viable y económicamente rentable. *Design Thinking* consta de cinco fases que se combinan para formar un enfoque iterativo que permite probar y adaptar las propuestas de valor [11]:

1. *Observar*: Se busca entender el cliente potencial no solamente interactuando con él a través de encuestas, entrevistas o experimentación, sino, además ser capaces de ponernos en sus zapatos para conocer sus frustraciones, beneficios concretos que deseen y aquellos trabajos que intenten resolver.
2. *Definir*: Con base a los resultados obtenidos de la fase de empatía se busca la información que puede aportar en la definición de la problemática a resolver.
3. *Ideación*: Esta fase tiene como objetivo la generación de un sinnúmero de opciones que permitan abordar desde distintas ópticas la problemática. En esta fase, las actividades favorecen el pensamiento expansivo y se debe eliminar los juicios de valor [11].
4. *Testear*: Según [11] se realizan las pruebas de los prototipos con los posibles usuarios para transmitir y probar soluciones, para que estas nos aporten su opinión y nos señalen áreas de mejora. Los prototipos se prueban una y otra vez, se testean, se mejoran, surgen nuevas ideas, y se vuelven a prototipar.

## 2.4 Modelo de negocios

Es el plan previo al plan de negocios que define la lógica del sustento económico de las corporaciones [12], que describe las bases sobre las que crean, proporcionan y captan valor. Como ejemplo, existe el Business Model Canvas, una plantilla de modelo de negocios propuesta por [12], la cual cuenta con nueve módulos cubren las 4 áreas principales de un negocio: clientes, oferta, infraestructura y viabilidad económica.

## 2.5 Cadena de valor

La cadena de valor es una herramienta propuesta como una forma sistemática de examinar todas las actividades que una empresa desempeña y cómo interactúan [13], permitiendo identificar y analizar las fuentes de ventaja competitiva. Esta herramienta se divide en actividades primarias y actividades de apoyo, las primeras están ligadas con la creación del producto o servicio, su venta, su entrega y el servicio post venta, mientras que las segundas son las que sustentan el resto de las actividades.

## 2.6 Marco PESTEL

El Marco PESTEL [14] permite analizar el macro-entorno y clasifica las influencias en 6 factores: políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales.

1. *Factores Políticos*: Son los factores asociados a la política que pueden afectar a la organización estos van desde la estabilidad del gobierno, la política fiscal, subvenciones públicas, modificación de normas o acuerdos de libre comercio, cambios de gobierno entre otros.
2. *Factores Económicos*: Son los factores propios de la economía que pueden afectar a la organización como la tendencia de crecimiento económico, tasa de desempleo, ciclo económico actual y su proyección, inflación y tipo de cambio.
3. *Factores Socioculturales*: Son los factores socioculturales que pueden generar impacto y las tendencias de esta que pueden afectar a la organización, algunas de estas son los cambios en los gustos o intereses, cambios en el ingreso, movilidad social, actitudes hacia el trabajo o el ocio, entre otros.
4. *Factores Tecnológicos*: Son los factores relacionados con los cambios tecnológicos que llegado el momento pueden influir, estos tienen relación con el gasto público en investigación, nuevos descubrimiento o desarrollos, rapidez de la transferencia tecnológica y tasa de obsolescencia.
5. *Factores Ecológicos*: Esta fuerza está ligada a cambios ligados a la normativa ambiental y los relacionado con cambios en la conciencia social.
6. *Factores Legales*: Se refiere a los cambios de las normativas legales desde legislación sobre la competencia, legislación laboral, Salud, Seguridad y seguridad de los productos.

## 2.7 Modelo de cinco fuerzas

El modelo de las cinco fuerzas de Porter permite comprender el micro-entorno, ya que ayuda a vislumbrar las competencias en el propio sector de la organización, las cinco fuerzas competitivas combinadas rigen la intensidad de la competencia y la rentabilidad en una industria; la fuerza o fuerzas más poderosas predominan y son decisivas desde el punto de vista de la formulación de estrategias [13]. Estas fuerzas son: *Riesgo que entren más participantes, Productos sustitutos, Poder de Negociación de Proveedores, Poder de Negociación de Clientes y Rivalidad entre los competidores.*

## 2.8 Matriz FODA

La matriz FODA [15] tiene la finalidad de encasillar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas dentro de una matriz dinámica con la finalidad de analizar una determinada situación. La matriz sistémica permite identificar los factores que tendrán una mayor repercusión en el funcionamiento de la organización a través de entender su influencia a nivel organizacional.

## 3. MÉTODO

Se implementó una Metodología de Investigación Mixta, la cual permite aplicar aspectos de la investigación cuantitativa y de la investigación cualitativa, utilizando las fortalezas de ambos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales. Las etapas de análisis fueron: estudio de mercado, análisis de la industria, análisis PESTEL y las fuerzas de Porter, para finalizar describiendo el diseño del Plan de Negocios.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Estudio de mercado

#### 4.1.1 Mercado del papel y cartón

Según [16] la producción mundial de papel y cartón en 2020 fue de aproximadamente 419 millones de toneladas impulsada por las necesidades en los mercados emergentes especialmente China e India, el auge del comercio electrónico, la creciente demanda de alimentos para llevar y bienes de consumo de marcas [17], mientras que el papel prensa y papel de imprenta sigue registrando importantes caídas por el declive de la industria editorial. En la Figura 1 se observa el consumo de papel destinado a envases y embalajes continúa creciendo su producción.

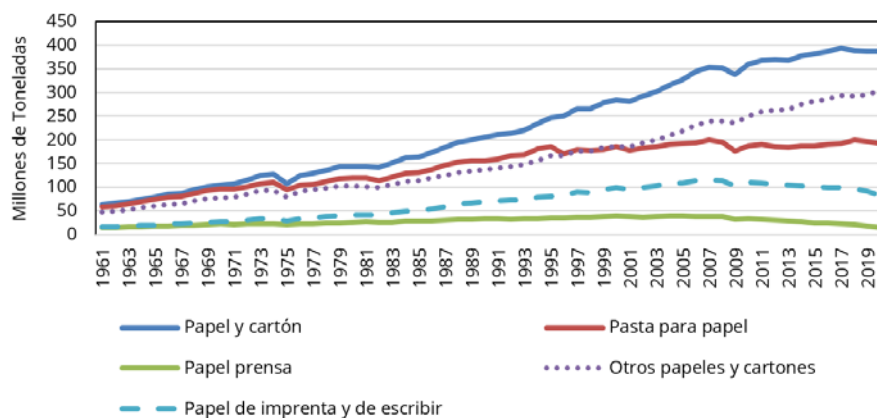


Figura 1. Volumen de producción mundial de pasta y papel

Los mayores productores de papel y cartón el 2020 fueron China, Estados Unidos y Japón representando 52% del mercado, mientras que los mayores importadores son China, Alemania y Estados Unidos y los mayores exportadores son Alemania, Estados Unidos, Suecia y Finlandia [18]. Como afirma [19] en los últimos años ha existido una escasez mundial de papel resultado de que un gran número de fábricas mermaron su normal producción y en muchos casos han cerrado sus fábricas debido a la pandemia, junto con una fuerte demanda, provocaron en lo que va del año un repunte de alrededor del 40% en los precios de la celulosa.

#### 4.1.2 Cartón corrugado

El Cartón Corrugado es considerado uno de los mejores materiales para elaborar envases y embalajes dada su versatilidad y bajo costo [20], es una estructura formada por dos papeles lisos exteriores denominados *liners* y un papel intermedio corrugado. Para su elaboración se utiliza un conjunto de maquina diseñadas para reunir tres, cinco o siete hojas de papel para formar tableros de simple, doble o triple corrugado en un proceso continuo [22], el proceso de elaboración comienza por el corrugado del papel que se logra a través de presión y calor, se continua aplicando pegamento a base de almidón a las puntas uniéndolas a otro papel creando lo que se denomina *single facer*, se continuó pegando la cara libre a otro *liner* dependiendo de la cantidad necesaria de corrugados este proceso se repite, en la siguiente fase este conjunto de papeles pasa a la mesa de calor para secar el material y así evitar las arrugas, finalmente cortándose las planchas según la necesidad del cliente.

#### 4.1.3 Mercado del papel en Chile

Chile es un gran productor y exportador de celulosa siendo el doceavo a nivel mundial con 5,205 millones de toneladas de celulosa en 2020 [22], lo que equivale al 2,7% de la producción mundial, exportando el mismo año 4.246 miles de toneladas. La industria nacional del papel y cartón está compuesta por 647 empresas según [23] estas se dividen en 7 empresas de fabricación de celulosa y otras pastas de madera, 37 empresas de fabricación de papel y cartón para su posterior uso industrial, 210 empresas de fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón y 393 empresas de fabricación de otros artículos de papel y cartón. La producción de Chile de papel y cartón el 2020 fue 1,125 millones de toneladas según [22]. En los últimos años el consumo aparente ha disminuido, en relación con una disminución de la producción e importación, dado los efectos del estallido social y la pandemia.

En la Figura 2 se presenta la distribución de la producción nacional chilena del 2020 según tipo de papel, de donde se observa que la producción nacional se centra mayoritariamente en papeles para estuches plegadizos como es la cartulina y papeles para corrugar, estos son elaborados principalmente para la industria de envases y embalajes, estando en sintonía a las dinámicas mundiales de la disminución del consumo de papeles gráficos.

En la Figura 3 se muestra la distribución de las empresas fabricantes de papel en Chile del 2020, las fábricas se concentran en la zona centro del país implicando que en zonas extremas del país el costo de transporte es un factor importante para los consumidores de papel como es la industria de envases y embalajes.

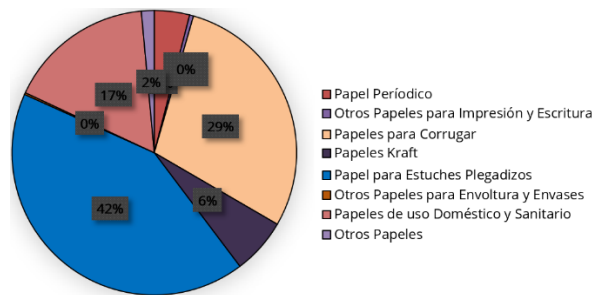


Figura 2. Distribución de la producción nacional chilena 2020 según tipo de papel

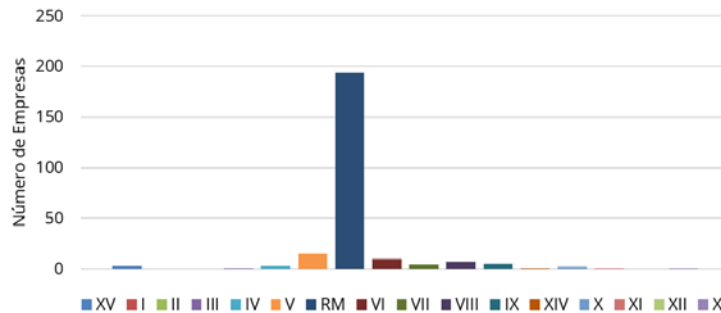


Figura 3. Distribución por región de empresas fabricante de papel en Chile 2020

#### 4.1.4 Mercado de envases y embalajes

Se define envases y embalajes a aquellos materiales que protegen al producto para asegurar su distribución, permitiendo una conservación y transporte seguro. Asimismo, el envase facilita la distribución, uso o consumo y hace posible su venta [24]. Se pueden clasificar los envases y embalajes en tres tipos dependiendo del número de unidades de producto que contienen y su función:

- Primarios: es el envase de venta directa al cliente incluye la información para su uso y promoción su función es mantener las características físicas y químicas.
- Secundarios: agrupan varias unidades de envases primarios pueden ser ocupados como repisas su función es proteger el producto en el transporte.
- Terciarios: contienen los envases primarios y secundarios su función es permitir un traslado seguro de los productos en largos trayectos.

#### 4.1.5 Producción y consumo local

El rubro de envases y embalajes en Chile corresponde aproximadamente al 6% del mercado latinoamericano, superando los 3.000 millones de dólares de facturación en 2020 [25]. Cada año en Chile se fabrican 1,25 millones de toneladas de E&E [26] los materiales utilizados para su elaboración son metal, plástico, vidrio, madera, papel y cartón. En la Figura 4 se muestra la evolución de la economía chilena, se observa que la industria de E&E ha mostrado un crecimiento porcentual anual mayor al PIB nacional incluso superando al crecimiento del sector manufacturero, lo que se ha visto acentuado gracias al cambio de la manera de comercializar los productos debido a la pandemia.



Figura 4. Evolución de la economía chilena del sector manufacturero y de E&E

Los mayores retos de la industria son el aumento de costos dado la creciente inflación y el aumento del tipo de cambio, el desabastecimiento de materias primas debido a las tensiones generadas por la pandemia en la cadena de abastecimiento y los nuevos retos en buscar envases que permitan una menor contaminación con la implementación de la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor REP [27]. Como define el Ministerio del Medio Ambiente en [28] es el marco legal en materia de residuos y de fomento al reciclaje. Esta Ley tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la REP a diversos productos entre ellos los envases y embalajes, además crea otros instrumentos de gestión de residuos, tales como el Fondo para el reciclaje y nuevas atribuciones al Ministerio del Medio Ambiente.

#### 4.1.6 Exportaciones e importaciones

La Figura 5 muestra la distribución de las exportaciones e importaciones en millones de dólares, las exportaciones directas del sector se mantienen parejas en los últimos cinco años en millones de dólares, mientras que en toneladas exportadas el aumento fue cercano al 20%, siendo los envases de vidrio los que han sufrido un mayor aumento.



Figura 5. Distribución de las exportaciones e importaciones en millones de dólares del sector envases y embalajes

#### 4.1.7 Mercado gastronómico

El Rubro Gastronómico comprende todo el proceso que involucra la alimentación desde la producción, la distribución, la preparación hasta la atención al público, siendo una representación cultural de la forma de vida e influencias en una región [29]. Para el análisis del rubro se consideró la clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas, el cual es un estándar internacional de clasificación por procesos productivos que ordena unidades estadísticas con base en su actividad económica principal. En [30] se menciona que siendo utilizada en Chile por Servicios Impuestos internos para definir los giros de las empresas. Según estadísticas de Servicios de impuestos internos en el 2020 existían 61.840 empresas en el sector de las cuales 52.361 se encuentran activas con unas ventas anuales de 400 millones de USD con una renta anual de 70 millones de USD, el sector de Hoteles y restaurantes comprende solamente el 1,54% del producto interno bruto según [31].

En la Figura 6 se aprecia la distribución de ventas reales de comida. Dentro de las distintas clasificaciones de restaurantes la comida rápida es el mayor consumidor de envases y embalajes para la entrega de sus productos.

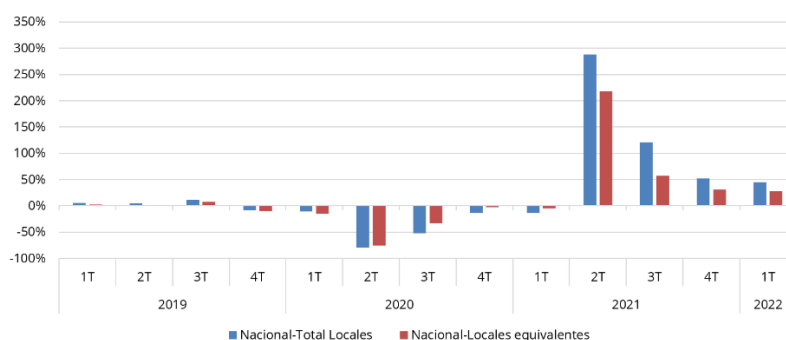


Figura 6. Distribución de las ventas reales de comida en toneladas

Según [32], durante 2020 los restaurantes de comida rápida sufrieron fuerte bajada en las ventas en los periodos de mayor restricción, una vez se fue levantando en enero y marzo del 2021 destacaron con incrementos reales anuales de 50,7% y 47,9% cada uno, en el primer trimestre del 2022 el crecimiento de ventas continua a un menor ritmo.

Según los datos recolectados en la comuna de Iquique se encuentran alrededor de 183 locales aproximadamente de locales de comida rápida siendo la clasificación con más restaurantes, entre los cuales se pueden encontrar independientes y sucursales de cadenas de marcas conocidas, esto genera una competencia en los precios donde cada local debe innovar en las promociones y atraer a los clientes con los sabores de sus productos.

#### **4.1.8 Resultados de la encuesta**

El material más utilizado en los envases es el cartón seguido por el papel siendo ambos usados por el 60% de los restaurantes encuestados, llegando a un más de 70% en el caso de restaurantes de comida rápida y fusión. Además, las compras de envases y embalajes son realizadas principalmente en el terminal agropecuario por un 45% de los restaurantes, seguido de la Zofri con un 18%, principalmente las compras se realizan de manera semanal y el precio promedio por unidad son menos de 300 pesos y la cantidad de compra es desde 50 a 200 unidades, lo cual tiene directa relación con que la mayoría de los restaurantes son micro y pequeñas empresas.

Por otro lado, con las compras anuales estimadas se proyectó el límite inferior del tamaño del mercado sumando el rango inferior de cada cuadrante dando como resultado 180 millones de USD y haciendo lo mismo con el límite superior es igual a 900 millones de USD. Las características más importantes en los envases según los encuestados son el costo de compra y la resistencia del material por sobre el diseño y la contaminación, consideran que los envase son una parte importante para destacar frente a la competencia, aunque más de la mitad afirman que sus envases no cuentan con ningún distintivo, el 62% estaría dispuesto a cambiar de proveedor si le ofrecieran un menor costo y tiempo de entrega.

## **4.2 Análisis PESTEL**

El análisis PESTEL permitió conocer los factores externos a la empresa, sobre los cuales no se tiene influencia, identificando las oportunidades y amenazas. Con esta información se buscó conseguir aminorar los efectos de las amenazas e incrementar los efectos de oportunidades.

### **4.2.1 Factores políticos**

El 11 de marzo de 2022 prestó juramento el presidente Gabriel Boric Font, antiguo dirigente estudiantil de la coalición de izquierda Apruebo Dignidad, representando un cambio político frente a los anteriores gobiernos desde el fin de la régimen militar Su programa de gobierno se centra en mejorar la salud, las pensiones y la educación con el fin de financiar el mayor gasto publico presento una reforma tributaria que busca recaudar el 3,6% del producto interno bruto [33], la propuesta abarca principalmente el aumento de los impuestos sobre los ingresos más altos, el aumento de las regalías mineras y la reducción de las exenciones y disminuir la evasión de impuestos.

La coalición gobernante Apruebo Dignidad tiene solo 37 de los 155 escaños en la fragmentada Cámara Baja y cinco de los 50 escaños en el Senado haciendo necesario buscar acuerdos con otros sectores políticos para poder avanzar en las reformas [34].

El 15 de noviembre de 2019 se llegó a un acuerdo político para redactar una nueva constitución realizándose un plebiscito nacional el 4 de septiembre de 2022, siendo rechazado ampliamente (62% de los votantes) el proyecto de la Asamblea Constituyente [34]. El texto habría ampliado la provisión de transferencias sociales por parte del gobierno (incluida la salud y la educación), reducido la centralización del gobierno y fortalecido el papel ambiental y los derechos indígenas. En general, la derrota por un amplio margen probablemente implicará la construcción de un texto más moderado. De hecho, después del resultado de la votación, el

gobierno anunció cambios en el gabinete nombrando nuevos ministros con figuras de otras coaliciones y declaró su apoyo a la redacción de una nueva constitución con el apoyo del Congreso y otras facciones políticas continuando la incertidumbre política.

#### 4.2.2 Factores económicos

Chile ha sido una de las economías latinoamericanas que más rápido creció en las últimas décadas, debido a un marco económico sólido, que le ha permitido amortiguar los efectos de un contexto internacional volátil y reducir la pobreza. Sin embargo, más del 30% de la población es económicamente vulnerable y la desigualdad de ingresos sigue siendo elevada [35]. Debido al estallido social, a la pandemia de Covid-19 y las respectivas medidas para controlar la propagación, la actividad económica en Chile se ha visto muy afectada teniendo un decrecimiento del producto interno bruto del -6,0% según el banco mundial para el 2020 y un crecimiento de 11,7% el 2021. Para el 2022 el fondo monetario internacional proyecta un crecimiento de 1,8%, mientras que el 2023 estima decrecimiento de -0,5% para el país en un contexto en que la inflación cierre en 11,1% este año y llegue a 6,4% en 2023, además de elevadas tasas de interés del banco central y una caída de inversión debido a la inestabilidad política y aumento de tasas de interés en EEUU [36].

#### 4.2.3 Factores sociales

En la Figura 7 se muestra la distribución de grupos socioeconómicos en Iquique. La comuna de Iquique tiene una población 191.468 personas según datos de [37], una tasa de desocupación de 8,6% en la región de Tarapacá [31]. Como afirma [38], una de las características presentes en dicha comuna es una segregación paulatina desde los estratos medios bajos del sector más antiguo de la ciudad, hacia sectores de clase media y media alta, asociados a los nuevos proyectos inmobiliarios en el extremo sur como, otra característica es que las zonas más densamente pobladas tienden a ser las mismas en donde se encuentran los nuevos proyectos inmobiliarios.

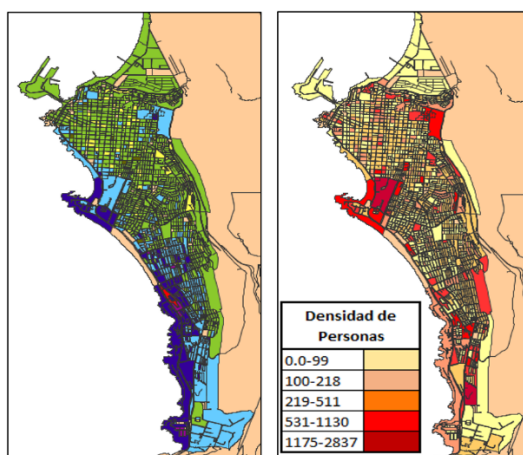


Figura 7. Distribución de grupos socioeconómicos en Iquique

En la Tabla 1 se resumen los gastos medios mensuales en dólares por hogar en restaurantes y hoteles. Según estos datos el gasto en restaurantes y hoteles en relación con los ingresos de un hogar es de 6% en promedio. Por lo tanto, el gasto es mayor en relación con el quintil que pertenece el hogar sea más alto.

Tabla 1. Gasto medio mensual en dólares por hogar en restaurantes y hoteles

Quintil	I	II	III	IV	V
Gasto medio	19 dólares	31 dólares	50 dólares	76 dólares	190 dólares

#### 4.2.4 Factores tecnológicos

La tecnología es factor determinante para la viabilidad y crecimiento de cualquier organización, por esto una empresa debe estar actualizando sus procesos, maquinarias y conocimientos para poder sobresalir.



De acuerdo con [39], este porcentaje se estima continuar en ascenso hasta el 2021. Debido al confinamiento, se potenció, en gran manera, las actividades online de los usuarios, como parte del proceso de marketing digital. La principal característica del marketing digital y del uso de redes sociales es que atraen clientes interesados en los productos o servicios de tu empresa, en vez de perseguirlos con contenidos que no les interesen. Estamos viviendo una revolución en las tecnologías relacionadas con la entrega de última milla y atención al cliente, procesos claves para el rubro.

#### 4.2.5 Factores ecológicos

En todo el mundo enfrentamos el desafío de transitar de una economía lineal, caracterizada por un proceso que comienza con la extracción de recursos naturales, fabricación de productos, uso y desechos a eliminación, a una economía circular, que recupera los productos usados, reintegrándolos al proceso productivo reciclando, reusando, reparando materiales para minimizar la extracción y hacerlo más sustentable [41], haciendo que el sector de envase y embalajes se ve en la obligación de transitar a el diseño y uso de materiales que permitan su reciclaje disminuyendo la huella de carbono.

Para abordar este desafío se ha propuesto una hoja de ruta nacional a la economía circular [41] que busca generar una colaboración público-privada, en donde se proponen un conjunto de 32 iniciativas que se potencian entre sí se agrupan en torno a estas líneas de acción, leyes y acreditaciones.

#### 4.2.6 Factores legales

A partir del cambio de paradigma en la necesidad de cambiar el modelo productivo se han desarrollado leyes que buscan disminuir los desechos que genera en todo el ciclo de vida de los envases y embalajes [28, 42-45].

### 4.3 Cinco fuerzas de Porter

El análisis de micro-entorno se realizó a partir de la metodología las cinco fuerzas competitivas de Michael Porter propuesto en su libro Ventaja Competitiva [46], en donde se expone las distintas fuerzas que compone el mercado, y cómo estas definen sus características haciéndolas decisivas desde el punto de vista de la formulación de estrategias.

1. *Rivalidad entre competidores*: Existe una alta rivalidad entre competidores al haber poca diferenciación entre productos que son altamente estandarizados y que deben ser vendidos en grandes volúmenes.
2. *Riesgos que entren más participantes*: La amenaza de entrada de nuevos competidores es baja debido a los altos costos de entrada y el alto nivel de especialización de los operarios, además de la dificultad de acceder a los canales de abastecimiento y distribución.
3. *Poder de negociación de proveedores*: El poder de negociación de los proveedores de papel para corrugar es alto al ser pocos y muchas veces son competidores al fabricar envases.
4. *Poder de negociación de clientes*: El poder de negociación de los clientes es bajo al existir pocas ofertas de envase y embalajes, además de existir pocos compradores de grandes volúmenes.
5. *Productos sustitutos*: El sector de envases y embalajes presenta una gran cantidad de productos iguales o similares a las características ofrecidas, cada vez presentándose nuevas propuestas haciendo que los productos sustitutos sean una gran amenaza.

### 4.4 Modelo de negocios

#### 4.4.1 Design Thinking

1. *Comprender*: La primera fase de la metodología *Design Thinking* consiste en definir el problema que siempre surge de una necesidad, según [47] el problema no se resuelve por sí mismo, pero en cambio contiene todos los elementos para su solución, hay que conocerlos y utilizarlos en el proyecto. La

problemática identificada surge por los cambios en los hábitos de consumo y la necesidad de los restaurantes a disponer del servicio de entrega a domicilio debido a la pandemia, los envases y embalajes de última milla adquirieron un valor fundamental en la estrategia de ventas y costes, como se confirma en los resultados de la encuesta existieron rupturas en el stock en las empresas distribuidoras de envases durante la pandemia.

Actualmente, dentro de la comuna de Iquique no existe ninguna organización que ofrezca la posibilidad de desarrollar empaques, las pequeñas y medianas empresas en el rubro gastronómico se ven obligadas a utilizar envases comunes ofrecidos por empresas de distribución o adquirir grandes lotes en otras comunas teniendo que incurrir en gastos de transporte y almacenaje, lo cual no todos los restaurantes son capaces de asumir. Una vez definido el problema puede ser descompuesto en sus elementos para conocer las causas de mejor manera, según [47] esta operación facilita la identificación de subproblemas particulares de más fácil solución, una herramienta que permite la descomposición es un árbol de problemas, un diagrama en forma de árbol donde las raíces son las causas probables, siendo el tronco el problema y las ramas las posibles consecuencias.

2. *Observar y definir*. Para un negocio es fundamental entender y conocer a sus clientes. De hecho, todas las áreas deben estar alineadas alrededor del cliente para generar una verdadera experiencia que lo deje satisfecho [48] a partir de lo observado en esta fase se recopilan los datos para conocer a los posibles clientes definiendo sus alegrías, frustraciones y trabajos. Los fabricantes de envases y embalajes son empresas que ofrecen sus servicios y productos a otras empresas, esto se denomina Business to Business B2B lo que implica que no se centra en públicos masivos, sino en una audiencia con características específicas en este caso restaurantes de la comuna de Iquique.

A ella le ofrecen servicios personalizados que cubran sus necesidades o resuelvan sus problemas actuales [49]. Es necesario distinguir a los compradores y consumidores, siendo los primeros los que adquieren el producto o servicios y los segundos son los usuarios finales que los utilizan, los intereses de ambos no tienen por qué coincidir haciendo necesario caracterizarlos por separado, en este caso los compradores son los restaurantes y los consumidores son los clientes de estos.

3. *Perfil restaurantes*: Los restaurantes en la comuna de Iquique según los datos recolectados en análisis de mercado principalmente son microempresas, lo que implica que son atendidas por los propios dueños se encuentran la mayoría en la zona norte y central de la ciudad destacando la zona de Cavanha, la península, el patio de comidas del Mall Plaza Iquique y el Mercado Centenario. Al ser microempresas su tecnología o equipamiento suele ser escaso, por lo que requiere mayor esfuerzo de sus trabajadores y dueños (Concepto, 2021) cuentan casi la totalidad con redes sociales principalmente Facebook y Instagram en algunos casos con páginas web mostrando un interés por generar una comunicación directa con sus clientes construyendo una marca según [50] las redes sociales es una forma de degustar el restaurante antes de visitarlo.

La motivación principal para crear la microempresa es la necesidad económica con 46,8% seguida por el surgimiento de una oportunidad con 30% [37]. La mayoría obtiene ingresos de hasta un salario mínimo reflejando las bajas ganancias que reciben quienes micro emprenden las características generales en Chile, está marcado por altos niveles de informalidad, bajos ingresos y escasa generación de empleo. En la comuna de Iquique las ventas promedio son 50.000 USD según [23] con una utilidad de 10% siendo principalmente restaurantes de comida rápida y fusión, los alimentos que principalmente son ofrecidos bebidas, platos preparados, papas fritas, sándwich, hamburguesas y pizzas.

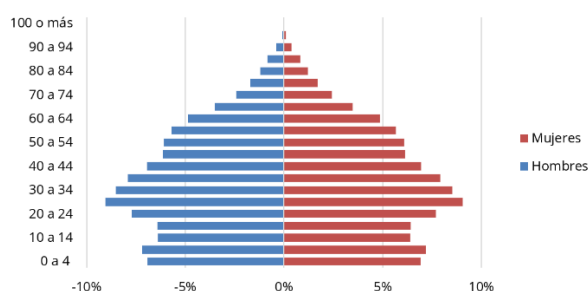
Según los resultados de la encuesta las mayores preocupaciones en relación con los envases son el costo y la garantía de que no exista ruptura de stock, por sobre otros aspectos como la contaminación y la resistencia, al ser microempresas los dueños se ven con la dificultad de tener que hacerse cargo no solo de la administración sino también de la preparación, distribución, promoción y compras.

En la Tabla 2 se observa el resumen de perfil de cliente objetivo.

**Tabla 2.** Resumen del perfil de cliente objetivo

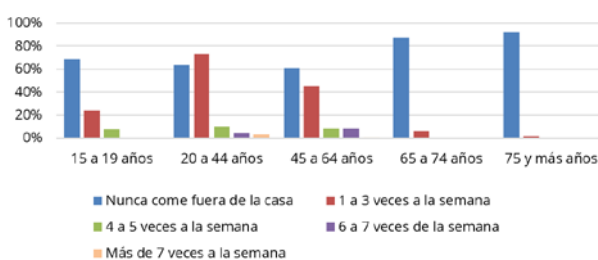
Dueños de restaurantes de la comuna de Iquique	
<b>Necesidades</b>	
Restaurantes que necesitan diseñar envases y embalajes para sus productos	
<b>Descripción general de la empresa</b>	
Empresas medianas y pequeñas del mundo de restauración que cuenten con opción de entrega a domicilio en las comunas de Iquique.	
<b>Intereses</b>	<b>Comportamientos</b>
Garantía de Entrega	Muchos de los restaurantes están dispuestos a cambiar de proveedor, las compras son principalmente en la comuna de Iquique
Menor costo	
Construir una marca	
Aumentar ventas	

4. *Perfil del usuario:* Para definir el modelo de negocios es necesario conocer las características de los usuarios finales, mucho de ir a un restaurante tiene que ver con la experiencia social y los estímulos que la conforman más que la comida que se sirve [50], en la comuna de Iquique viven 191.468 personas según datos de [37]. En la Figura 8 se presenta la distribución de la población de la Comuna de Iquique 2017, su pirámide de población cuenta con una forma de bulbo de la cual se puede inferir la reducción de la población joven con respecto a generaciones anteriores tendiendo a que la mayor parte de la población a los grupos intermedios de adultos [50].



**Figura 8.** Distribución de la población de la Comuna de Iquique en 2017

La población entre el rango etario de 20 a 64 años tiene a ser las personas que comen con mayor frecuencia fuera de casa. En el caso de la comida callejera, el rango etario entre 18 a 30 años son sus principales consumidores, siendo elegidos por falta de tiempo y bajo costo. En la Figura 9 se presenta la distribución de la cantidad de veces que las personas comen fuera de la casa.

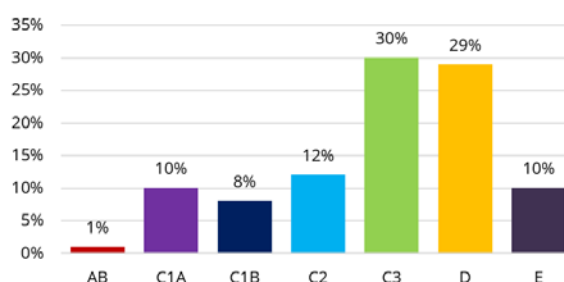


**Figura 9.** Distribución de la cantidad de veces que las personas comen fuera de la casa

En la Figura 10 se presenta la distribución de la población por grupos socio económicos. El nivel socioeconómico en ciudad de Iquique y Alto Hospicio según El modelo de Grupos Socioeconómicos de [52] se distribuye, los segmentos se definen como:

- *Segmento AB:* cuenta una moda de ingreso de 5.100 USD la edad promedio del sostenedor es de 47 años, la totalidad son directivos y profesional de alto nivel, el 53% son familias con hijos.
- *Segmento C1A:* la moda de ingreso es 2.000 USD la edad promedio del sostenedor es de 44 años, la totalidad son directivos y profesional de alto nivel, el 49% son familias con hijos.
- *Segmento C1B:* la moda de ingreso es 1.200 USD la edad promedio del sostenedor es de 46 años, el 53% son directivos y profesional de alto nivel y el 25% son técnicos y profesionales de nivel medio, el 40% son familias con hijos y el 17% son parejas con hijos allegados.

- *Segmento C2:* la moda de ingreso es 1.000 USD la edad promedio del sostenedor es de entre 47, el 37% vendedores, agricultores y trabajadores calificados, el 40% son familias con hijos y el 17% son parejas con hijos allegados.
- *Segmento C3:* la moda de ingreso es 700 USD la edad promedio del sostenedor es de 49 años, el 52% vendedores, agricultores y trabajadores calificados, el 34% son familias con hijos y el 22% son parejas con hijos allegados.
- *Segmento D:* la moda de ingreso es 400 USD la edad promedio del sostenedor es de 53 años, el 53% vendedores, agricultores y trabajadores calificados, el 33% son familias con hijos y el 22% son parejas con hijos allegados.
- *Segmento E:* la moda de ingreso es 300 USD la edad promedio del sostenedor es de 48 años, el 48% vendedores, agricultores y trabajadores calificados y 41% vendedores, operadores, el 36% son familias con hijos y el 19% son parejas con hijos allegados.



**Figura 10.** Distribución de la población por grupos socioeconómicos

El gasto promedio en mensual de los hogares destinadas a alimentos y bebidas preparadas lista para su consumo es 60 USD siendo el gasto promedio en restaurantes y similares, el quintil más alto es 10 veces mayor en comparación al más bajo. En la Tabla 3 se puede observar el gasto promedio por tipo de alimento mostrando que el aumenta en restaurantes con atención al público en comparación a restaurantes de entrega a domicilio.

**Tabla 3.** Distribución de gasto medio en dólares en alimentos

Ítem	Restaurantes	A domicilio
Almuerzo y cena	53	28
Plato de fondo para almuerzo y cena	35	26
Ensalada para almuerzo o cena	11	8
Sandwich, completos, pizzas y empanadas	14	17
Papas fritas, tablas y similares	8	7
Masas dulces, tortas y tartaletas	8	8
Helados y granizados	8	6
Otro tipo de comida rápida	16	18
Desayunos y onces	20	10
Té, café e infusiones	10	7
Bebidas no alcohólicas	7	5
Bebidas alcohólicas fermentadas o destiladas	24	12
Vinos	13	7
Cervezas	14	13

5. *Idear:* En esta fase se idea el producto o servicio que se ofrecerá para solucionar las problemáticas identificadas en las fases anteriores, se desarrolla la propuesta de valor con la cual se busca diferenciarse de la competencia.

#### 4.4.2 Matriz FODA

En la Tabla 4 se resumen los resultados del análisis FODA. Conociendo los factores a nivel nacional y de la industria junto con la propuesta y la cadena de valor del proyecto se elaboró la matriz FODA para conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la propuesta permitiendo definir posibles estrategias.

**Tabla 4.** Resultados del análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Alto nivel de personalización de envases ofrecidos	Más de la mitad de los posibles clientes muestran interés en el proyecto Prohibición de uso de materiales plásticos en envases de un solo uso	Nueva empresa sin relación de confianza con posibles clientes	Mercado Oligopolio del papel Aumentos constantes del costo de la materia prima
Bajo costo de inversión inicial	Aumento de la demanda de envases	Nula experiencia en el sector	Crisis económica el 2023 Inestabilidad política
Corto tiempo entre el pedido y entrega de cajas	El cartón consta de un bajo impacto ambiental en comparación a otros materiales	Alta dependencia de proveedores de cartón que a subes fabrican envases	Aumento de rigurosidad de leyes ambientales

#### 4.4.3 Análisis técnico

En el estudio técnico se define cómo, cuándo y dónde se producirá el producto o servicio propuesto, para esto se identifican las materias primas, los recursos humanos, las maquinarias, las tecnologías, los procesos y proveedores.

1. *Proceso producción:* Las cajas de cartón corrugado son fabricadas en base al corte de planchas de cartón corrugado previamente producidas en una máquina corrugadora, cuyas fases son: Corrugado, Corte, Diseño, Pre-impresión, Impresión, Troquelado, Plegado y Pegado, Control de Calidad, Almacenamiento y Distribución.
2. *Características del producto:* Existe una gran variedad de papeles en el mercado utilizados para la elaboración de cartón se dividen según el gramaje por metro cuadrado, blancura, espesor, resistencia de estallido, resistencia de compresión, absorción de agua y lisura. La Confederación de Industrias Papeleras Europeas publica una lista de calidades de papel para cartón, su especificación y clasificación [53], se dividen según sus funciones en el corrugado *liners* y *fautas*, el tipo de fibra que utilizan y si cuenta o no con recubrimiento especial.  
  
Según [54] el pegamento más utilizado para unir las flautas a los liners es a base de almidón, borax y sosa, en caso de que se requiera cartón resistente al agua, se utiliza casiña o latex sintético (estirezo budadiendo 50-50), las formula del pegamento por regla general es de 10% a 20% de almidón primario, 80% a 90% almidón secundario, 1% a 3% sosa y 1% a 2% de bórax [55].
3. *Capacidad de producción:* La capacidad de producción es la cantidad de unidades que máxima que puede producir una fábrica, para definir es necesario estimar la demanda y las características de los productos a fabricar a partir de esta información se definen los requerimientos de materia prima, la maquinaria necesaria, el organigrama, la distribución y la ubicación de la planta. Para definir el equipamiento necesario para el proyecto se calculó el tamaño de mercado obtenible útil (SOM) a partir de las estimaciones de la demanda de envases de cartón y los resultados de la encuesta permitiendo definir las necesidades de producción.
4. *Inversión en Maquinaria y equipamiento:* Las empresas fabricantes de cartón se dividen a partir la producción de toneladas de cartón. En la Tabla 5 se muestra la maquinaria y producción en toneladas de cartón, para el proyecto se requerirá una planta de producción artesanal.

**Tabla 5.** Maquinaria y producción en toneladas

Clasificación	Escala (rango de producción)
Microempresa/artesanal	Hasta 1 toneladas diarias
Pequeña empresa	De 1 a 3 toneladas diarias
Mediana empresa	De 3 a 5 toneladas diarias
Gran empresa	Más de 5 toneladas diarias

La primera fase del proyecto se centrará en la conversión de planchas de cartón y cartulina en envases para esto es necesario definir un proveedor de cartón, un sistema para troquelar y de impresión.

5. *Sistema de troquelado*: Para la elección del sistema de troquelado se compraron los costes de la maquinaria, la velocidad de corte, la facilidad de cambiar de diseño, tamaño de la cama de corte y coste de troquel, además de los resultados del método VPN. Los troqueles son estructuras de madera con diferentes sistemas de gomas y cuchillas que cuando presionan sobre el cartón realizan el corte y los hendidos, dando forma a la caja [56]. Los sistemas de corte se pueden dividir en tres distintas opciones según las características del troquel, siendo el más común el troquel de mesa plana en donde se utilizan suajadora de mandíbula, suajadora plana de vaivén y suajadora plana automática, la segunda opción son los troqueles de rodillo utilizadas por suajadoras rotativas y la última opción son los CNC de cartón corrugado que no necesitan ningún troquel.
6. *Organigrama*: En la Figura 11 se presenta el organigrama del proyecto, se observa de forma visual la estructura de la organización, se busca que el área de ventas se encargue de la relación con el cliente permitiendo que el diseño se vuelva parte de ella, mientras que el área de producción se encargará de la elaboración y estiba de los envases, finalmente el área de entrega se encarga del control de bodega y como su nombre indica la entrega del pedido al cliente.

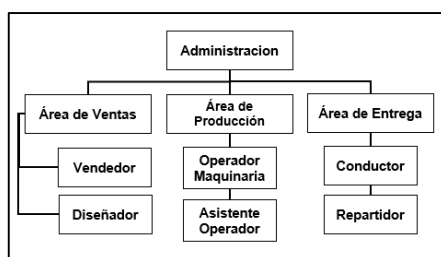


Figura 11. Organigrama de la empresa

7. *Localización*: La fabricación de envases de cartón dada sus características se pueden considerar como actividad productiva inofensiva. Los siguientes sectores en la región que permiten el uso de suelo de actividades productivas inofensivas son: Barrio industrial, Zofri, Cantera (Alto Hospicio), Plaza Prat, Mosquito (Cabezal Norte) y Centro de la ciudad. Con el objetivo de estar lo más cerca posible de los clientes los sectores recomendados son Plaza Prat, Mosquito (Cabezal Norte) y Centro de la ciudad. Una bodega con más de 205 metros cuadrados en los sectores anteriormente nombrados tiene un costo de arriendo mensual de 700 USD a 1.000 USD.

#### 4.4.4 Estudio financiero

Los objetivos de esta etapa son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y evaluar los antecedentes para determinar su rentabilidad [57]. Para el estudio financiero se estableció un horizonte de proyecto de 5 años, para ello se realizó una proyección de las ventas, los gastos y los costos a lo largo del periodo. En la Tabla 6 se resume el pronóstico de la estimación de demanda y el precio promedio de venta en USD para los próximos 5 años.

Tabla 6. Pronóstico de ventas según escenario

Año	Escenarios		
	Moderado	Pesimista	Optimista
2023	460.000	210.000	800.000
2024	480.000	210.000	850.000
2025	490.000	215.000	910.000
2026	510.000	200.000	960.000
2027	526.000	200.000	1.010.000

#### 4.4.5 Análisis de sensibilidad

Se realizaron previsiones para el valor del VAN, el flujo del año 1, el flujo del año 2, el flujo del año 3, el flujo de año 4 y el flujo de año 5. El primer año del proyecto se estima que el flujo de caja tiene un nivel de certeza del 88,79% que será igual o mayor a 0 USD con un error estándar medio de 1.300 USD y una mediana de

100.000 USD, la mayoría de las previsiones se encuentran entre la media y el percentil de 95%, es decir desde 1.796,19 USD hasta 230.000 USD. Tomando en cuenta los resultados del caso base del primer año existe un nivel de certeza del 85,5% de que será igual o mayor a 20.000 USD.

El segundo año se estima que el flujo de caja tiene un nivel de certeza del 89,47% que será igual o mayor a 0 USD con una mediana de 120.000 USD, la mayoría de las previsiones se encuentran entre la media y el percentil de 95%, es decir desde 80.000 USD hasta 180.000 USD. Tomando en cuenta los resultados del caso base del segundo año existe un nivel de certeza del 86,26% de que será igual o mayor a 24.000 USD.

El tercer año se estima que el flujo de caja tiene un nivel de certeza del 89,33% que será igual o mayor a 0 USD con una mediana de 180.000 USD, la mayoría de las previsiones se encuentran entre la media y el percentil de 95%, es decir desde 130.000 USD hasta 200.000 USD. Tomando en cuenta los resultados del caso base del tercer año existe un nivel de certeza del 86,20% de que será igual o mayor a 25.000 USD.

En el cuarto año se estima que el flujo de caja tiene un nivel de certeza del 89,44% que será igual o mayor a 0 USD con una mediana de 200.000 USD, la mayoría de las previsiones se encuentran entre la media y el percentil de 95%, es decir desde 170.000 USD hasta 400.000 USD. Tomando en cuenta los resultados del caso base del cuarto año existe un nivel de certeza del 86,12% de que será igual o mayor a 30.000 USD.

En el quinto año se estima que el flujo de caja tiene un nivel de certeza del 100% debido al valor libro y recuperación del capital de trabajo que será igual o mayor a 0 USD con una mediana de 150.000 USD, la mayoría de las previsiones se encuentran entre el percentil de 5% y media es decir desde 90.000 USD hasta 430.000 USD. Tomando en cuenta los resultados del caso base del quinto año existe un nivel de certeza del 93,69% de que será igual o mayor a 90.000 USD.

## 5. CONCLUSIONES

Durante este estudio y diseño de Plan de Negocio para una Empresa Fabricante de Cartón y Envases Troquelados en la Comuna de Iquique, se realizaron distintos estudios con el objetivo de definir la viabilidad económica, para ello se analizó el mercado del papel y cartón, del envases y embalajes y de los clientes lo cuales son los restaurantes en Iquique, se definió un modelo de negocio que permita satisfacer las necesidades del cliente.

El mercado de envase y embalajes se ha visto favorecido por el cambio en la tendencia del consumo debido al aumento del comercio electrónico, especialmente los envases de cartón, del estudio de mercado se puede concluir que en Chile se caracteriza por ser un número reducido de empresas fabricantes ubicadas en la zona central y con un aumento constante de la concentración en grandes empresas, siendo el principal reto para la industria el impacto ambiental reflejado en la nueva ley de responsabilidad extendida del productor que busca financiar una correcta gestión de los residuos que generan los productos.

El rubro gastronómico se vio enormemente afectado por la pandemia, mostrando una recuperación durante el 2021 manteniéndose esta tendencia durante el 2022, en Iquique los restaurantes se caracterizan principalmente por ser microempresas, lo que implica que son atendidas por los propios dueños se encuentran la mayoría en la zona norte y central de la ciudad destacando la zona de Cavancha, la península, el patio de comidas del Mall Plaza Iquique y el Mercado Centenario.

Dada esta característica se definió un modelo de negocios a través lienzo Canvas, siendo la propuesta de valor crear envase que les permita diferenciarse de la competencia apoyando la identidad de la marca y los valores de la organización definiendo el branding de la organización con el objetivo de que el envase se adapte al producto no al revés. Para esto se definió que es necesario adquirir maquinaria y equipamiento que permita crear de manera rentable envases altamente personalizables a costo competitivo siendo la inversión inicial 43.000 USD y un capital de trabajo de 66.00 USD, con un personal de 7 personas, el proveedor propuesto de cartón es Hongjia Paper Co., Ltd ubicada en Dongguan, China a un costo puesto en fábrica por unidad de 0,3661 USD.

Los resultados del análisis financiero del proyecto entrega un rendimiento de la inversión positivo de 35.000 USD a una tasa de 17,24%, con una rentabilidad del 31,15%, siendo el periodo de recuperación de 3 años y 2 meses, aplicando la simulación de 50.000 escenarios se estima un nivel de certeza del 87,99% que será igual o mayor a 0 USD y 44,50% de ser mayor o igual rendimiento de inversión estimado, permitiendo afirmar que el proyecto es viable económicamente. El análisis de sensibilidad demuestra que el proyecto tiene un gran impacto al precio de transporte marítimo y al cambio de dólar haciendo necesario que estas variables sean analizadas al largo de toda su vida.



## REFERENCIAS

- [1] Ludeña J. (2021). Última milla (logística). Reporte técnico. Recuperado: <https://economipedia.com/definiciones/ultima-milla-logistica.html>
- [2] Tapias C. (2019). Ventajas de los sistemas de almacenamiento automatizados. Trabajo de grado. Universidad Militar Nueva Granada.
- [3] Guerrero J. et al. (2020). Metodología para el diseño de empaques de cartón corrugado para el transporte de banano. Trabajo de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [4] Instituto Universitario Amerike. (2022). ¿Qué es el diseño de empaque? Recuperado: <https://amerike.edu.mx/que-es-el-diseno-de-empaque/>
- [5] Zibechi R. (2011). El buen vivir como el otro mundo posible. Revista El Emilio 6, 34-43.
- [6] Ministerio del Medio Ambiente. (2021). Decreto de ley 21.368.
- [7] Varela R. (2008). Innovación empresarial. Pearson.
- [8] Kinnear T. et al. (1989). Investigación de mercados. McGraw-Hill.
- [9] Serrano M. y Blásquez P. (2016). Design thinking: Lidera el presente, crea el futuro. Libros profesionales.
- [10] Ideo U. (2022). Design Thinking. Reporte técnico. Recuperado: <https://www.ideo.com/pages/design-thinking>
- [11] Diingo. (2012). Design thinkiing en español. Reporte técnico. Repuerado: <https://www.designthinking.es/inicio/index.php>
- [12] Osterwalder A. y Pigneur Y. (2011). Generación de modelos de negocio. Un manual para visioneros, revolucionarios y retadores. Omega.
- [13] Porter M. (2008). Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia. Harvard Business Review 86(1), 58-77.
- [14] Betancourt D. (2019). Análisis pestel para describir el contexto organizacional. Reporte técnico. Recuperado: [www.ingenioempresa.com/analisis-pestel](http://www.ingenioempresa.com/analisis-pestel)
- [15] Talacón H. (2007). La matriz foda: Alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. Enseñanza e investigación en psicología 12(1), 113-130.
- [16] Tubiello F. et al. (2022). Pre-and post-production processes increasingly dominate greenhoyses gas emissions from agri-food systems. Earth System Science Data 14(4), 1795-1809.
- [17] Financial food. (2019). La demanda mundial de papel y cartón crece impulsada por el comercio online. Reporte técnico. Recuperado: <https://financialfood.es/la-demanda-mundial-de-papel-y-carton-crece-impulsada-por-el-comercio-online/>
- [18] Faostat (2022). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Reporte técnico. Recuperado: <https://www.fao.org/faostat/es/#search/papel>
- [19] La República. (2022). La abundante escasez de celulosa lanzaría los precios de papel higiénico por las nubes. Editorial La República.
- [20] Cyecsa. (2016). Beneficios del cartón. Recuperado: <https://cyecsa.com/sin-categorizar/beneficios-de-el-carton/>
- [21] Fefco. (2022). Production process. Recuperado: <https://www.fefco.org/technical-information/production-process>
- [22] Odepa. (2017). Estadísticas productivas. Recuperado: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>
- [23] SII. (2020). Servicio de impuestos internos. Recuperado: <https://homer.sii.cl/>
- [24] Adex. (2020). Estudio de mercado de envases y embalajes de Ecuador. Reporte técnico. Recuperado: <https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2022/01/Estudio-de-mercado-de-Envases-y-Emabalajes-a-Ecuador-1.pdf>
- [25] Cenem Chile. (2020). Centro de envases y embalajes de Chile. Recuperado: <https://cenem.cl/revista-vas.php>
- [26] Molina J. (2021). Consumo y producción. Recuperado: <https://www.paiscircular.cl/consumo-y-produccion/decreto-final-metas-envases-y-embalajes/#:~:text=En%20Chile%2C%20cada%20a%C3%B1o%20se%20ponen%20en%20el,anuales%2C%20de%20las%20cuales%20se%20valoriza%20un%2049%25.>
- [27] El Universo. (2021). Desabastecimiento e inédita escalada de costos, a más del 40%, impactan al sector cartonero nacional. Recuperado: <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/desabastecimiento-e-inedita-escalada-de-costos-a-mas-del-40-impactan-al-sector-cartonero-nacional-nota/>
- [28] Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Decreto de ley 20.920.
- [29] Enciclopedia Asigna. (2021). Definición de gastronomía. Recuperado: <https://enciclopedia.net/gastronomia/#:~:text=Se%20denomina%20gastronom%C3%ADa%20a%20la%20actividad%20que%20se,un%20tinte%20de%20preparaci%C3%B3n%20que%20roce%20lo%20art%C3%ADstico.>
- [30] OIT Departamento de Estadística. (2022). Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas. Recuperado: <https://ilostat.ilo.org/es/resources/concepts-and-definitions/classification-economic-activities/>
- [31] Banco Central de Chile. (2022). Estadísticas. Reporte técnico. Recuperado: <https://www.bcentral.cl/areas/estadisticas#:~:text=El%20Banco%20Central%20tiene%20entre%20sus%20funciones%20la,otros%20sistema%20globales%20de%20contabilidad%20econ%C3%B3mica%20y%20social>

- [32] Asociación chilena de gastronomía. (2021). Recuperado: <https://www.achiga.cl/>
- [33] Publicaciones Semana. (2022). Otra derrota del gobierno de Gabriel Boric: Redujo cifra de recaudo de su reforma tributaria. Recuperado: <https://www.msn.com/es-co/noticias/mundo/otra-derrota-del-gobierno-de-gabriel-boric-redujo-cifra-de-recaudo-de-su-reforma-tributaria/ar-AA11S4uv>
- [34] COFACE. (2022). Economics studies Chile. Recuperado: <https://www.coface.com/Economic-Studies-and-Country-Risks/Chile>
- [35] Banco Mundial. (2020). El banco mundial en Chile. Recuperado: <https://www.bancomundial.org/es/country/chile/overview#1>
- [36] Infobae. (2022). OCDE eleva estimación de crecimiento de economía chilena para este año, pero prevé caída en 2023. Recuperado: <https://www.infobae.com/america/agencias/2022/09/23/ocde-eleva-estimacion-de-crecimiento-de-economia-chilena-para-este-ano-pero-preve-caida-en-2023/>
- [37] INE. (2020). Síntesis de resultados. Reporte técnico. Recuperado: [https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/microemprendimiento/publicaciones-y-anuarios/documentos/s%C3%ADntesis-de-resultados-vi-eme-2019.pdf?sfvrsn=ec123f9a\\_4](https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/microemprendimiento/publicaciones-y-anuarios/documentos/s%C3%ADntesis-de-resultados-vi-eme-2019.pdf?sfvrsn=ec123f9a_4)
- [38] Toro F. y Orozco H. (2018). Concentración y homogeneidad socioeconómica. *Revista de Urbanismo* 38, 1-21.
- [39] CONAR. (2017). Chile lidera la región con un 72,7% de penetración de internet y buscará ser un actor relevante en inversión publicitaria digital. Recuperado: <https://www.conar.cl/chile-lidera-la-region-con-un-727-de-penetracion-de-internet-y-buscara-ser-un-actor-relevante-en-inversion-publicitaria-digital/>
- [40] Chile Creativo. (2021). Guía de ecodiseño. Recuperado: <https://chilecreativo.cl/guia-ecodiseno-de-envases-y-embalajes-mapea-los-recursos-que-ayudan-a-implementar-con-exito-esta-metodologia/>
- [41] Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Hoja de ruta nacional a la economía circular para un Chile sin basura 2020-2040.
- [42] Ministerio del Medio Ambiente. (2022). Decreto de ley 21.100.
- [43] Ministerio del Medio Ambiente. (2012). Decreto de ley 20.606.
- [44] Ministerio del Trabajo y Previsión. (2016). Decreto de ley 20.949.
- [45] Ministerio del Desarrollo Social. (2017). Decreto de ley 21.015.
- [46] Porter M. (1982). *Estrategia competitiva: Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Grupo Editorial Patria.
- [47] Munari B. y Rodríguez C. (1983). *¿Cómo nacen los objetos?* Editorial Gustavo Gili.
- [48] Moreno J. (2022). Cómo crear un perfil de cliente paso a paso. Reporte técnico. Recuperado: <https://blog.hubspot.es/service/crear-perfil-cliente>
- [49] Clavijo C. (2022). ¿Qué es e B2B? Definición, características y estrategias. Recuperado: <https://blog.hubspot.es/sales/b2b>
- [50] Castillejos P. (2019). ¿En qué fijarse para elegir un restaurante? Algunos puntos de tendencias en restaurantes. Recuperado: <https://www.animalgourmet.com/2019/04/22/puntos-en-los-que-nos-fijamos-para-elegir-o-recomendar-un-restaurante/>
- [51] Domínguez J. (2022). Las pirámides de población: Análisis y tipos. Recuperado: <https://jadonceld.blogspot.com/2015/11/las-piramides-de-poblacion-analisis-y.html>
- [52] AIM Chile. (2019). Clasificación grupos socioeconómicos y manual de aplicación. Recuperado: <https://aimchile.cl/wp-content/uploads/2022/03/Actualizacio%CC%81n-y-Manual-GSE-AIM-2019-1.pdf>
- [53] CCB. (2015). European list of corrugated base papers. Recuperado: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8mcPV89T9AhUiFbkGHbpODwYQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cepi-containerboard.org%2Fdisplay\\_doc.php%3Fid%3D2497&usg=AOvVaw15ds0xIOkGQHDj7iOK2DHj](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8mcPV89T9AhUiFbkGHbpODwYQFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cepi-containerboard.org%2Fdisplay_doc.php%3Fid%3D2497&usg=AOvVaw15ds0xIOkGQHDj7iOK2DHj)
- [54] Guías Empresariales. (2011). Características de la materia prima y productos del giro. Recuperado: <http://www.contactopyme.gob.mx/cpyme/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=116&giro=7&ins=236>
- [55] Asimag S. (2013). Manual de elaboración del cartón ondulado. Recuperado: [https://issuu.com/inigoegiguren/docs/manual\\_diseno\\_estructural](https://issuu.com/inigoegiguren/docs/manual_diseno_estructural)
- [56] Cajearando. (2020). La guía definitiva para encontrar la caja que necesitas. Recuperado: [https://www.cajeando.com/?gclid=Cj0KCQiA6rCgBhDVARIsAK1kGPLLLqnFb1e7nArrGhTVagKB\\_yEWRZ4oE0CL3VOHek2IkDX\\_rQ0QxxQaAqEsEALw\\_wcB](https://www.cajeando.com/?gclid=Cj0KCQiA6rCgBhDVARIsAK1kGPLLLqnFb1e7nArrGhTVagKB_yEWRZ4oE0CL3VOHek2IkDX_rQ0QxxQaAqEsEALw_wcB)
- [57] Chain R. (2007). *Preparación y evaluación de proyectos*. McGraw-Hill.

# Desarrollo e implementación del Sistema de Contabilización de Aportes Ambientales SACOUDES en una comunidad universitaria

Walter Pardavé Livia<sup>1</sup>

Nury Farelo Velásquez<sup>2</sup>

Jeison Mauricio Delgado González<sup>3</sup>

*Universidad de Santander, Colombia*

En función del cuidado y conservación del medio ambiente la Universidad de Santander UDES cuenta con diferentes programas de gestión ambiental adaptados a la legislación nacional, entre los que se destacan: gestión de residuos y productos químicos, uso racional de la energía y el agua, y conservación de fauna y flora. Por lo tanto, existe el compromiso de la institución y de sus miembros por la protección del medio ambiente. Esta investigación trata sobre la contabilización de los aportes ambientales de la comunidad académica, es decir, profesores y administrativos, del campus principal ubicado en la vereda Santa Bárbara de la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Se busca establecer un inventario de aportes ambientales e indicadores de consumo de energía, consumo de agua, reciclabilidad de productos, generación y cuidado de áreas verdes, calidad de aire, preservación de fauna y flora, y manejo de diversos residuos, mediante el aplicativo móvil Sistema de Contabilización de Aportes Ambientales de la Comunidad Universitaria UDES SACOUDES, a través de valoraciones y visitas al campus principal; además de vincular a los administrativos y profesores conociendo sus opiniones y la percepción que tienen sobre la importancia del uso e implementación de las 10erres de la gestión ambiental. La metodología comprende la elaboración de indicadores ambientales basado en la declaración voluntaria de posibilidades de aportes de acciones ambientales, y análisis y discusión de resultados para la posterior implementación del aplicativo. En el desarrollo de la investigación se evidenció que el 26,73% de la comunidad académica generaría un aporte total de 1218980 puntos (lo que indica que se podría generar un alto impacto), que se obtienen de la suma de puntos individuales junto con la suma de puntos por cada R evaluada, además de una fuerte necesidad de capacitación sobre las 3R y 10R: Recompensar, Reducir, Reciclar, Rediseñar, Renovar, Revalorizar, Reemplazar, Refabricar, Replicar y Remediar.

---

<sup>1</sup> Magíster en Ingeniería. Contacto: [wal.pardave@mail.udesa.edu.co](mailto:wal.pardave@mail.udesa.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera de Sistemas. Contacto: [un.farelo@mail.udesa.edu.co](mailto:un.farelo@mail.udesa.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero de Sistemas. Contacto: [jei.delgado@mail.udesa.edu.co](mailto:jei.delgado@mail.udesa.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación en desarrollo, tiene como fin determinar los aportes ambientales de los profesores y administrativos de la Universidad de Santander UDES de Bucaramanga desde un sistema de contabilización; para esto, inicialmente se definirá la estrategia ambiental de las 3R a las 10R, posteriormente se especificarán cada uno de estos conceptos y la normativa vigente que rige los lineamientos relacionados con compensación, estimulación y responsabilidad ambiental en Colombia [1].

El proceso metodológico para el desarrollo de los objetivos planteados contempla la toma de datos primarios en campo empleando para esto un instrumento que será previamente elaborado y aplicado a los profesores y administrativos de la institución; las preguntas construidas tendrán diferente opción de respuesta referentes a la implementación de las 10R: Recompensar, Reducir, Reciclar, Rediseñar, Renovar, Revalorizar, Reemplazar, Refabricar, Replicar y Remediar [2].

La información se recolectó en recorridos periódicos con intervalos de tiempo no mayor a 15 días. Finalizada esta etapa se procederá a la tabulación y procesamiento de los datos empleando herramientas informáticas, que permiten generar productos como tablas y gráficas para así plasmar los resultados de manera específica. En este proyecto se busca desarrollar e implementar una herramienta mediante un aplicativo móvil que permita contabilizar los aportes voluntarios hacia un mejor ambiente de parte de toda la comunidad académica, con la implementación de 10R (Diez palabras que inician por la letra R), y cada una de esas acciones generó unos puntos asignados de acuerdo a su importancia [3]:

### 1. Recompensar

- Siembra de un árbol (10 puntos c/u)
- Cuidar un árbol (10 puntos c/u)
- Evita tala de un árbol (10 puntos c/u)

### 2. Reducir

- Reducir consumo de energía (10 puntos por cada 10% de reducción)
- Reducir consumo de agua (10 puntos por cada 10% de reducción)
- Reducir consumo de papel (10 puntos por cada 10% de reducción)

### 3. Reciclar

- Kg de papel reciclado (10 puntos por cada un kg)
- Kg de plásticos (SPI) reciclados (10 puntos por cada un kg)
- Kg de chatarra metálica reciclada (latas...) (10 puntos por cada un kg)

### 4. Rediseñar

- Nuevo producto reutilizable (100 puntos por c/u)
- Nuevo producto biodegradable (100 puntos por c/u)
- Nuevo producto hecho con material reciclado (100 puntos por c/u)
- Nuevo producto no tóxico (100 puntos por c/u)
- Nuevo producto reciclable (100 puntos por c/u)

### 5. Renovar

- Obtener certificación ambiental de producto (1000 puntos por cada uno)
- Obtener certificación ambiental de organización (1000 puntos por cada uno)

### 6. Revalorizar

- Cambiar energía de combustible por otra limpia (1000 puntos por logro)
- Generar energía limpia desde residuos orgánicos (1000 puntos por logro)

### 7. Reemplazar

- Uso de caminata (10 puntos por cada 1 km)

- Uso de bicicleta (10 puntos por cada 1 km)
- Uso de patineta (10 puntos por cada 1 km)

#### 8. Refabricar

- Hacer productos ahorradores de energía (100 puntos por c/u)
- Hacer productos ahorradores de agua (100 puntos por c/u)
- Hacer productos que consumen menos material (100 puntos por c/u)
- Hacer productos que no generan residuos (100 puntos por c/u)

#### 9. Replicar

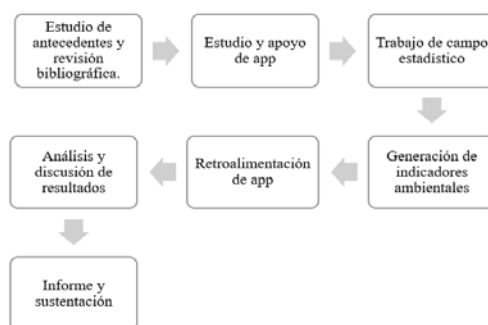
- Concientizar ambientalmente a niños menores (100 puntos por c/grupo)
- Concientizar ambientalmente a personas mayores (100 puntos por c/grupo)
- Concientizar ambientalmente a otros jóvenes (100 puntos por c/grupo)

#### 10. Remediar

- Limpiar un cuerpo de agua (1000 puntos por logro)
- Limpiar un área de residuos (1000 puntos por logro)
- Limpiar un área de contaminación (1000 puntos por logro)
- Evitar un área de ruido (1000 puntos por logro)

## 2. MÉTODO

La investigación se estructura en las siete etapas que se muestran en la Figura 1.



**Figura 1.** Esquema de la metodología de trabajo de investigación

1. Fase 1. *Estudio de antecedentes y revisión bibliográfica.* El trabajo de revisión bibliográfica es una etapa esencial de cualquier proyecto de investigación, donde se debe asegurar que la información que se obtenga sea la más relevante sobre el campo de estudio. Por ello, se realizó una documentación bibliográfica por medio de material informativo como: estudios, libros, informes de trabajo y de investigación, artículos que apoyen el proyecto [4].
2. Fase 2. *Estudio y apoyo de la aplicación.* El diseño y creación del sistema estuvo a cargo de dos profesores de ingeniería de software dentro del campus de la Universidad de Santander, los cuales fueron los encargados de la estructuración del desarrollo de la aplicación móvil y su posterior implementación (teniendo en cuenta los algoritmos necesarios para su correcta funcionalidad).
3. Fase 3. *Trabajo de campo estadístico.* Para esto se programaron recorridos de campo con el fin de recolectar la información primaria necesaria, la cual se registró en planillas, en este caso las encuestas, dirigida a los profesores y administrativos de la Universidad de Santander de manera presencial.
4. Fase 4. *Generación de indicadores ambientales.* Esta fase permite describir y analizar aspectos importantes del estado del medio ambiente en la implementación de la regla de las 10R: Recompensar, Reducir, Reciclar, Rediseñar, Renovar, Revalorizar, Reemplazar, Refabricar, Replicar y Remediar, por parte de los profesores y administrativos del campus de la universidad.

5. Fase 5. *Retroalimentación de la aplicación*. Durante esta etapa, se presenta la aplicación junto con los indicadores ambientales que allí se consignaron para su posterior implementación.
6. Fase 6. *Análisis y discusión de resultados*. Análisis de los resultados obtenidos en las encuestas, la cual se presenta a manera de resumen por medio de gráficas, tablas y demás opciones de tabulación cuyo origen será cada una de las fases previas, terminada esta fase se tendrán las conclusiones y recomendaciones finales que harán parte de la solución a la problemática formulada.
7. Fase 7. *Informe*. Presentación de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación a través del informe final enfocado al análisis ambiental por medio de una aplicación móvil que servirá como herramienta de apoyo para la contabilización de aportes ambientales dentro de la universidad y mantener un monitoreo y control.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 App SACOUDES y su desarrollo actual

En la Figura 2 se presentan pantallazos de la app SACOUDES versión 1.0, los cuales constan de: portada principal y ventana principal mostrando las opciones (Registro, Comunidad, Las 10R, Contabilidad ambiental y Manejo de archivos).

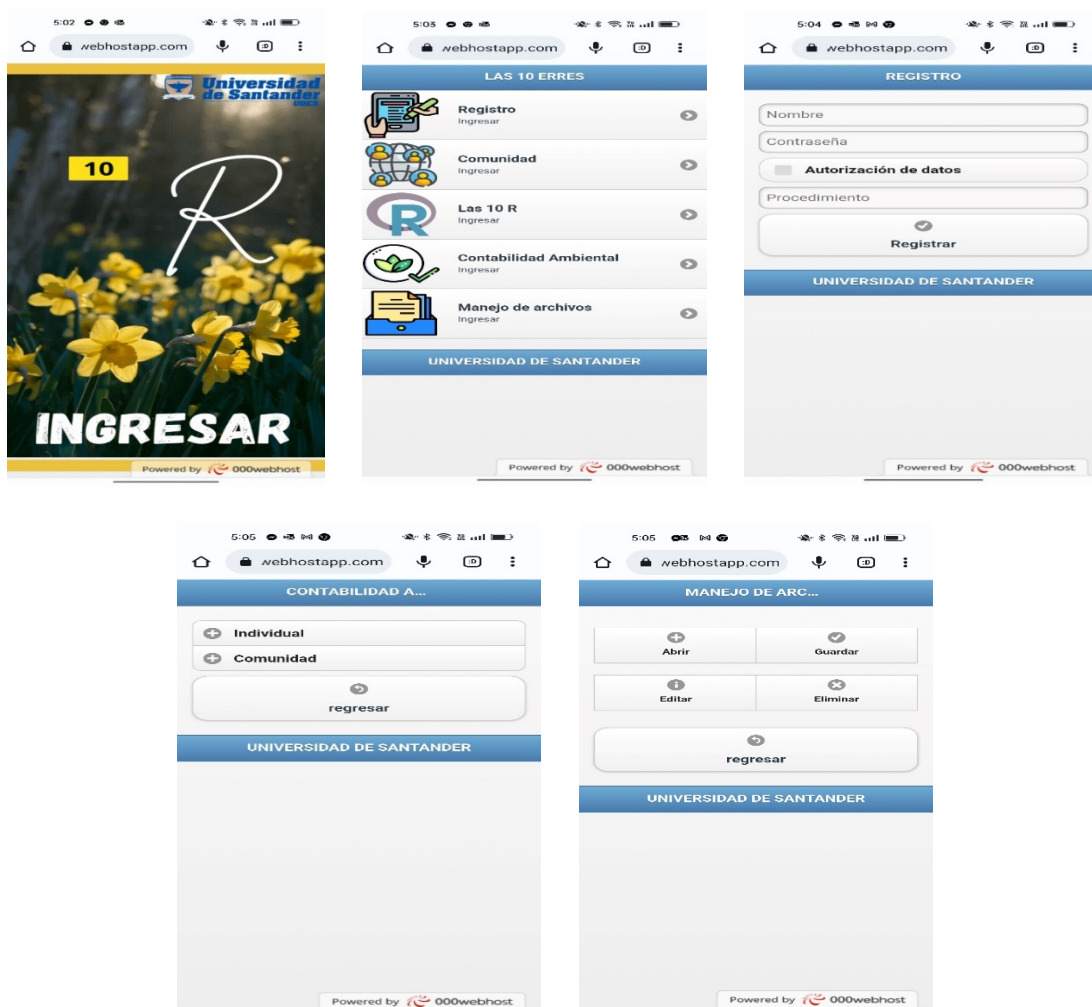


Figura 2. Pantallazos de la app desarrollado (Versión 1.0)

#### 3.2 Resultados de aportes voluntarios de la comunidad universitaria

Para mostrar un ejemplo de la implementación del aplicativo, se tiene en cuenta la primera R: Recompensar [5], en el cual se procede a mostrar los resultados obtenidos por los profesores y administrativos en relación

a su intención voluntaria de cada ítem y posteriormente analizar el puntaje obtenido en cada pregunta realizada.

La opción Recompensar permite contabilizar aporte de Siembra de árbol (10 puntos por cada uno), Cuidar un árbol (10 puntos por cada uno) y Evitar tala de un árbol (10 puntos por cada uno). En la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos en 202 personas, de los cuales 108 optan por la opción de sembrar un árbol, 52 indican cuidar un árbol y 42 evitar la tala de un árbol.

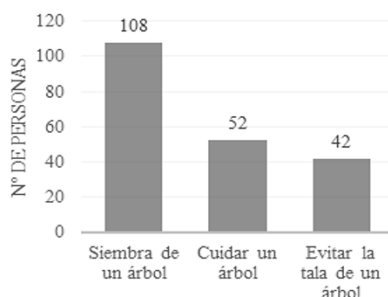


Figura 3. Resultados de opción Recompensar (número de personas)

Teniendo en cuenta que por cada opción que el encuestado elija se obtiene 10 puntos se obtienen los siguientes resultados (Figura 4), siembre de un árbol 1080 puntos, cuidar un árbol 520 puntos y evitar la tala de un árbol 420 puntos. Lo que significa que por cada árbol sembrado se absorberá entre 10kg a 30 kg de CO<sub>2</sub> al año, y de esta manera se contribuiría a la disminución de la emisión de CO<sub>2</sub> de la zona.

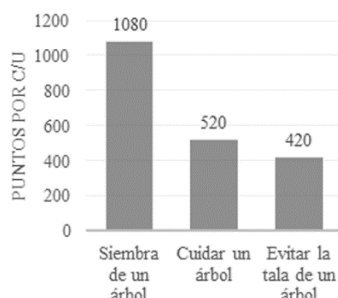


Figura 4. Resultados de opción Recompensar (total de puntos)

En la Figura 5 se muestran resultados de intenciones de ahorro de consumo entre energía, agua y papel, contabilizando que 62 de los encuestados eligen reducir el consumo de energía, 86 el consumo de agua y 72 el consumo de papel.

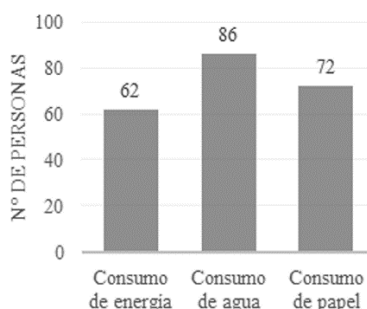


Figura 5. Resultados de intenciones de ahorro de consume de recursos naturales (número de personas)

Para esta pregunta se tiene en cuenta que por cada 10% de reducción por persona hace referencia a 10 puntos obteniendo los siguientes resultados (Figura 6). En términos generales los administrativos y profesores de la Universidad de Santander, reconocen la reducción del agua como el factor más importante al obtener 2170 puntos lo cual es indispensable para poder ayudar a mitigar la disminución de un recurso no renovable que es vital para la conservación de especies y la elaboración de muchas materias primas necesarias para las herramientas que utilizamos, posterior a eso de obtuvo 1780 puntos en la disminución del consumo de papel, el cual es un material que consume demasiada agua además de árboles que ayudan

a disminuir el impacto ambiental, finalmente la reducción de consumo de energía fue 1400 puntos teniendo en cuenta que la mayor parte de esa energía es producida por combustibles fósiles.

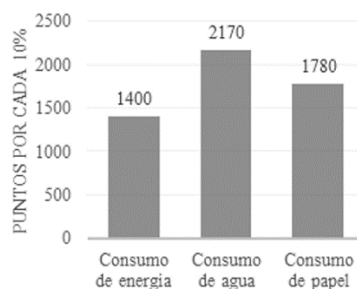


Figura 5. Resultados de intenciones de ahorro de consume de recursos naturales (total de puntos)

En relación con la opción Reciclar se encontró que 82 encuestados toman como opción el papel reciclado, 109 plástico, y 55 chatarra metálica (Figura 6).

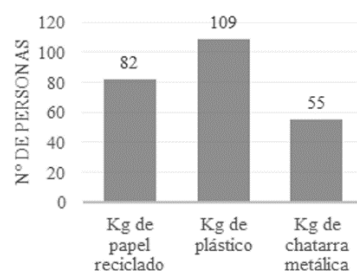


Figura 6. Resultados de intenciones de Reciclar (número de personas)

En la opción del Recicla [6] se califican por cada kg de material reciclado, en ese orden de ideas, obtenemos que reciclar plástico obtuvo 2920 puntos seguido por 2250 puntos de papel reciclado y 990 puntos por reciclar chatarra metálica, estos puntos son elevados teniendo en cuenta que las personas podían elegir entre una o más opciones de respuesta y por ende se incrementaron las cifras y con ello el aporte ambiental de reciclar materiales para poderlos aprovechar al máximo y disminuir la contaminación, sin embargo, es necesario tener presente que de esos materiales los que más difíciles son de reciclar son los que demoran más tiempo en biodegradarse y por tal motivo, es necesario concientizar en el reciclaje de estos materiales como son el caso del plástico y la chatarra metálica [7].

Según los puntos obtenidos en cada R evaluada, se muestra que renovar, revalorizar y remedir son las que tiene un puntaje superior a 160.000 puntos, esto dado a la calificación que se le asigna según su aporte ambiental, mientras que recompensar, reducir, reciclar y reemplazar tienen puntajes inferiores a 20000 puntos, ya que la calificación otorgada por cada pregunta no supera los 100 puntos de aporte ambiental. En la Figura 7 se muestra el consolidado de todas la 10R desde el punto de vista de puntos posibles

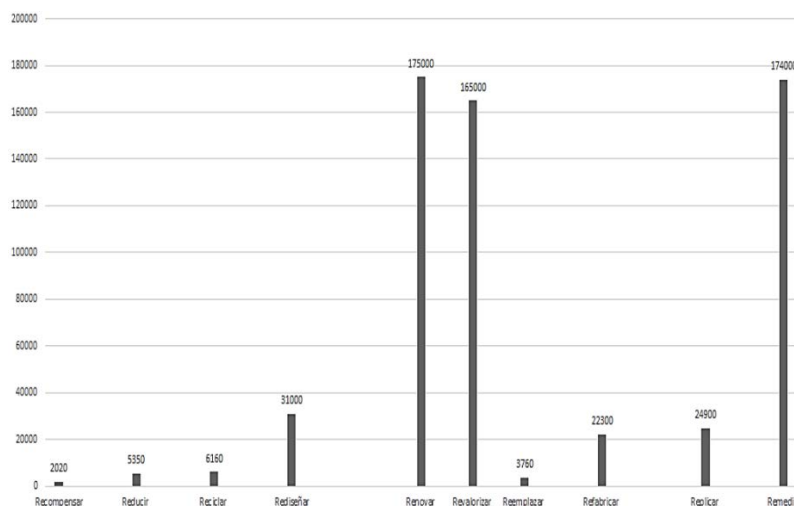


Figura 7. Consolidado de las 10R en muestra de comunidad UDES Bucaramanga (total de puntos)



#### 4. CONCLUSIONES

Se desarrollaron las pruebas donde se evaluó principalmente los parámetros empleados en la aplicación piloto de la aplicación móvil SACOUDES los aportes ambientales mediante las 10R en profesores y administrativos mediante una encuesta y posteriormente un análisis estadístico conformado por gráficas y un análisis de estas, en donde se obtuvieron los resultados significativos en los parámetros, ya que se generaron aportes ambientales reflejados en la 7.

Ahora en la evaluación individual de los parámetros de la aplicación SACOUDES, se encontró que los encuestados consideran la siembra de un árbol más importante ante el cuidado de uno ya plantado, lo que significaría que por cada árbol sembrado se absorberá entre 10kg a 30 kg de CO<sub>2</sub> al año, y de esta manera se contribuiría a la disminución de la emisión de CO<sub>2</sub> de la zona, así mismo, en reducir los administrativos y profesores de la Universidad de Santander, reconocen la reducción del agua como el factor más importante, debido a que es un recurso no renovable y vital para la creación de materiales y la supervivencia humana, también es importante tener presente que la iniciativa de rediseñar productos reciclables fueron los que más tuvieron auge ya que se busca dar una nueva oportunidad a los materiales que son considerados residuos.

Respecto a los puntajes obtenidos en el ítem de reciclar, se califican por cada Kg de material reciclado, en ese orden de ideas, obtenemos que reciclar plástico obtuvo mayor puntuación respecto a reciclar chatarra metálica, en donde se evidencia una falta de cultura de reciclaje de forma equitativa con los distintos residuos generados, también es importante revalorizar las energías que actualmente utilizamos debido al impacto ambiental que hemos ocasionado con las energías producidas con combustibles fósiles, los encuestados consideran más importante cambiar energía limpia desde residuos orgánicos, para mitigar la huella de carbono en el medio ambiente, en el ítem reemplazar un medio de transporte se obtuvo una participación favorable en el uso de bicicleta.

Ante la evolución industrial de las distintas empresas y a su vez de los productos generados por las mismas, surge la necesidad de tener diferentes certificados que validen su compromiso ambiental [8], en ese orden de ideas, en el ítem de renovar, la obtención de un certificado ambiental de una organización es considerado más importante, mientras que en la intención de refabricar productos de la industria que puedan minimizar o mejorar el impacto ambiental que ocasionan de forma positiva es evidenciado en la intención por parte de los profesores y administrativos en hacer productos ahorradores de agua, además de limpiar cuerpos de agua con presencia de residuos en las mismas.

Finalmente, los profesores y administrativos están más interesados en concientizar niños menores, debido a que es considerado que los niños son el futuro de todo país, sin embargo, es necesario tener en cuenta que los adultos no tienen esa cultura debido a las épocas en las que se ha venido promoviendo la cultura de la economía circular de las 3R y 10R, por tal motivo la concientización debería ser total y no solo en niños.

Se logró identificar una percepción favorable por parte de los profesores y administrativos de la universidad de Santander, sede Bucaramanga sobre el aplicativo móvil, según los resultados obtenidos se realizaría un aporte de 1.218.980 puntos, este puntaje total se obtuvo de la suma de puntos individuales junto con la suma de puntos por cada R evaluada.

Finalmente, su asociación con UDES verde radica en la transmisión de la información sobre las 10R mediante campañas estratégicas para fortalecer estos conocimientos, debido a que no se tiene una información clara sobre las 10R y el impacto ambiental que se genera con este sistema de calificación de aportes ambientales, más que toda esta aplicación serviría para promover esta política ambiental institucional además de ser pioneros en implementar un sistema innovador de la suma mediante puntos por aporte ambiental y reducir los índices de contaminación y promover estrategias pedagógicas y creativas de nueva disposición o creación de herramientas o materiales necesarios para mitigar el impacto de la huella de carbono y reducir cada Kg de desecho mediante un correcto reciclaje o disminución de materiales innecesarios en el proceso de elaboración.

En la realización de la encuesta se encontraron ciertas mejoras que pueden influenciar de forma directa o indirecta en la viabilidad y en el análisis de los aportes ambientales de la aplicación móvil SACO, inicialmente la encuesta tiene la alternativa de poder seleccionar varias opciones de respuesta, pero hay preguntas donde necesariamente sería viable que fuera única respuesta para poder realizar un mejor análisis de los aportes ambientales que puede ofrecer la comunidad docente y administrativa de la universidad de Santander sede Bucaramanga, los aportes ambientales totales se evidencian en la figura 7, donde se muestra que renovar, revalorizar y remedir son las R que tiene un puntaje superior a 160000 puntos, esto dado a la calificación que se le asigna según su aporte ambiental supera los 1000 puntos por aporte, mientras que recompensar, reducir, reciclar y reemplazar tienen puntajes inferiores a 20000 puntos, ya que la calificación otorgada por cada pregunta no supera los 100 puntos de aporte ambiental.

Se realizó la caracterización de los aportes ambientales que darían los profesores y administrativos de la universidad de Santander, sede Bucaramanga según el esquema de evaluación SACOUDES, obteniendo que el 26,73% correspondiente a los 162 encuestados de los 606 que se esperarían, entre hombre y mujeres, solo 1 persona obtuvo un puntaje superior a 6000 puntos en sus aportes ambientales, en donde los puntajes promedio obtenidos oscilan entre 3000 y 4000 puntos respectivamente, esto se debe a que se podían seleccionar múltiples respuestas junto con la asignación de puntaje de renovar, revalorizar y remedir tienen un puntaje superior a los 1000 puntos por aporte, los 161 encuestados restante aportaron un puntaje inferior posiblemente porque no tienen una capacitación adecuada de las 3R y su transición a las 10R, para poder tener mayor conciencia sobre el aporte ambiental.

## REFERENCIAS

- [1] Ramírez N. et al. (2020). Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R. Recuperado: <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/1627>
- [2] Pelaez M. y Hernandez S (2019). Accionando las 3R: Propuesta educativa. Recuperado: <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/v-jornadas-2019/actas>
- [3] Salazar E. (2017). Programa de Manejo de Residuos sólidos basados en las 3R para mejorar las actitudes ambientales en la Escuela Perfeccionamiento Docente (EPD) de la Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28611>
- [4] Ocampo J. (2023). Las 3R, el patrimonio y el lugar. Recuperado: <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/2498>
- [5] Giraldo E. (2021). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: Avances recientes. Recuperado: <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/6946/7269>
- [6] Pardavé W. (2007). Estrategias ambientales de las 3R a las 10R. Eco Ediciones.
- [7] Hernandez S. et al. (2018). Metodología de la investigación. Interamericana Editores.
- [8] Guevara G. et al. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Recimundo.

# Aplicación móvil para el reconocimiento de los sitios turísticos en el municipio de Chiquinquirá, Colombia

Fredy Leonardo Rodríguez Ibáñez<sup>1</sup>

Alexandra María Silva Monsalve<sup>2</sup>

*Universidad Santo Tomás, Colombia*

Este trabajo de investigación se orienta al reconocimiento y visibilización de los sitios turísticos en el municipio de Chiquinquirá, Colombia, con el fin de fortalecer los demás escenarios turísticos del municipio. Metodológicamente se realizó una investigación mediante dos fases: en la primera se realizó el diseño y el desarrollo de una aplicación móvil, y en la segunda se aplicaron encuestas sobre la percepción y uso de la aplicación móvil. Los resultados permiten evidenciar que existe una oportunidad de dar a conocer otros sitios turísticos por medio de la tecnología, en este caso, utilizando una aplicación móvil.

---

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería en Informática. Contacto: [fredyrodriquezi@usantotomas.edu.co](mailto:fredyrodriquezi@usantotomas.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero de Sistemas y Doctor en Educación. Contacto: [alexandrasilva@usta.edu.co](mailto:alexandrasilva@usta.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Chiquinquirá se encuentra ubicado en el Departamento de Boyacá, Colombia, y es uno de los municipios más representativos del fervor religioso presente en la mayoría de los pueblos de Boyacá. Es conocido como *Ciudad mariana* y *Capital religiosa de Colombia*. La primera misión evangelizadora se fundó en su capilla, que después se convirtió en iglesia Nuestra Señora del Rosario de Chiquinquirá. Su nombre, como el de la mayoría de los municipios, en lenguaje muisca quiere decir *Tierras de nieblas y pantanos*. Fue declarado municipio en 1810 y es el cuarto municipio más poblado de Boyacá. Sus actividades económicas se orientan en proveer materias primas industriales y metalúrgicas, alimentos, textiles e insumos agrarios y veterinarios. Los chiquinquireños se destacan por la fabricación de instrumentos musicales en tagua, así como el uso de la madera y cerámica vidriada en la construcción de diversos objetos artesanales [1].

En cuanto a los temas culturales se menciona que los poetas Julio Flórez y Rómulo Rozo fueron oriundos de esta región. Asimismo, entre las fiestas más tradicionales se encuentra la coronación de la Virgen de Chiquinquirá y el concurso de la guabina chiquinquireña. En cuanto, a los temas turísticos, Chiquinquirá se ha caracterizado por el turismo a diferentes sitios de orden religioso, entre estos la Basílica de Nuestra Señora del Rosario, la Iglesia de la Renovación: lugar de renovación del lienzo de la virgen en 1586. También, se encuentra, el parque Juan Pablo II, construido en 1986 con motivo de la visita del Papa [2]; la Estación del Ferrocarril conocida como Palacio de la Cultura Rómulo Rozo; Puente de la Balsa, lugar de la época colonial que unía a Chiquinquirá con el resto del país y que sirvió como ruta de los Comuneros; el monumento a María Ramos, mujer que presenció el milagro de la renovación del lienzo; y la vía que exhibe una galería con los bustos de los poetas y artistas de la región.

Sin lugar a duda, Chiquinquirá, se constituye en un municipio turístico por excelencia; sin embargo, se ha destacado más el turismo religioso, dejando a un lado, otros sitios que también pueden orientarse como un potencial o proyección del turismo para el municipio y la región. Por lo anterior, esta propuesta de investigación se orienta en presentar estrategias para visibilizar los diversos sitios que tiene el municipio. Teniendo en cuenta que el turismo se refiere a la actividad de las personas que viajan a lugares diferentes a su lugar de residencia por placer, negocio u otros propósitos. Esta actividad puede incluir alojamiento, transporte, actividades recreativas y culturales, y consumo de bienes y servicios en el destino turístico. En este sentido, las personas realizan actividades turísticas, por diferentes intereses, que redundaran en beneficios económicos para la región y sus habitantes. Es por lo anterior, que este trabajo tiene como iniciativa el fomento de los diferentes sitios turísticos en el Municipio de Chiquinquirá.

También es importante destacar que el municipio de Chiquinquirá emerge en el valle de Saravita, en medio de un área geográfica bastante diversa, se observa como una ciudad natural y afable, conformada por casas coloniales. Su nombre significa pueblo sacerdotal, lugar de adoración a los dioses; hoy se conoce como la Capital Religiosa de Colombia, reconocida por sus romerías a la Virgen del Rosario, nombrada la patrona de la nación. Además de la fe religiosa que se le conoce, Chiquinquirá es también sede de reconocidos artistas que trabajan con maestría y dedicación la Tagua para construir objetos decorativos de alto valor para los visitantes. De otro lado con la madera se realizan los mejores tiples y guitarras del país [3].

Para proponer la APP turística, en un primer momento se realizó una indagación de los tipos de turismo que existen. De acuerdo con lo establecido por la OMT y algunas contribuciones del gobierno mexicano, se definen algunas clasificaciones para el turismo [3]:

- *Cultural*: se establece este tipo de turismo para el conocer y aprender diferentes conceptos, los cuales están relacionados con temas de tipo material o intelectual.
- *Religiosa*: el cual se centra en actividades religiosas, en el cual las personas buscan cumplir o satisfacer necesidades de creencias religiosas.
- *Gastronómica*: establecidos para conocer, las comidas típicas propias en cada región de los países que se visitan.
- *Idiomática*: se realiza por parte de los visitantes para el aprendizaje de otro idioma.

- *Salud*: establecido para el mejoramiento de la salud, es una tendencia especialmente por los bajos costos de los procedimientos.
- *Deportiva*: se especifica que este tipo de turismo se realiza para asistir a actividades deportivas.

## 2. MÉTODO

Metodológicamente se realizó una investigación mediante dos fases. La primera fase se realizó el diseño y desarrollo de una aplicación móvil. La segunda fase mediante la aplicación de encuestas sobre la percepción y uso de la aplicación móvil. En la primera fase se llevó a cabo la construcción de la aplicación mediante los siguientes pasos:

1. *Identificación de requerimientos*: en esta primera fase se identificaron los sitios turísticos existentes en el municipio de Chiquinquirá. En este sentido, se puede evidenciar que posee una amplia gama de sitios turísticos. Una vez identificados se clasificaron de acuerdo con los tipos de turismo que definió la organización Mundial del Turismo OMT.
2. *Diseño*: se procedió a detallar cada uno de los sitios turísticos, y las características particulares de cada lugar turístico, para posteriormente, presentar los diseños iniciales por medio de *mockups*. En la Figura 1 se presenta el diseño inicial de la interfaz gráfica.

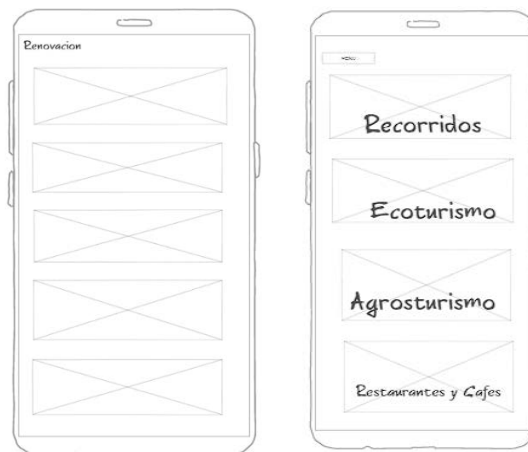


Figura 1. Diseño del interfaz general de la aplicación

La interfaz presenta las secciones que va a disponer la aplicación móvil en una orientación de tipo horizontal como se puede evidenciar en la anterior figura. Se presenta el nombre del sitio turístico, luego la descripción, la cual tuvo un proceso de curaduría con ayuda de la Fundación Paniagua, y la historiadora de la Basílica de Nuestra Señora de Chiquinquirá. De otro lado, se incluye para cada sitio turístico un mapa de localización en sitio para que los turistas accedan más fácilmente (Figura 2).



Figura 2. Localización y mapas de los sitios turísticos

3. *Implementación*: se procedió a la construcción del prototipo de la aplicación móvil. Se menciona que en cuanto los textos se realizó una curaduría para sus contenidos, y las fotografías fueron obtenidas como parte del trabajo de campo.
4. *Evaluación*: se procede a realizar una revisión técnica de los requerimientos funcionales y no funcionales solicitados para la aplicación.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

De acuerdo con los requerimientos identificados se procedió a su construcción e implementación. En la Figura 3 se detalla la interfaz inicial de la aplicación móvil, la cual fue denominada ChiquiTour.

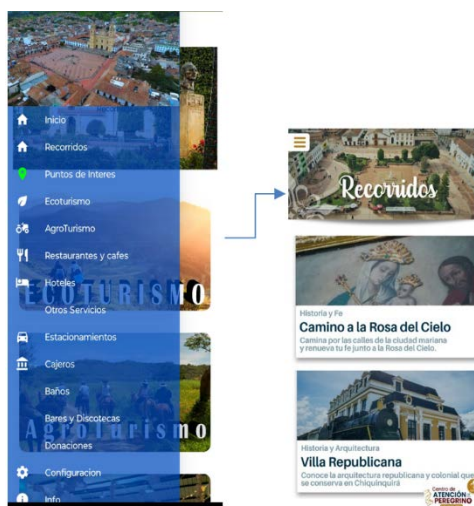


Figura 3. Interfaz de la aplicación móvil

Inicialmente se destaca la opción de recorridos, en la cual el turista puede seleccionar de acuerdo con sus intereses, entre estos se destacan: Camino de la Rosa del Cielo, Villa Republicana y los poetas. En la Figura 4 se muestra parte de la descripción del recorrido el Camino de la Rosa del Cielo.



Figura 4. Recorrido camino de la Rosa del Cielo

La anterior figura presenta la interfaz que tiene un recorrido, en el cual se destaca la descripción, las actividades por realizar y un mapa con el punto de encuentro. De igual manera se habilita la opción de reserva. En la opción de puntos de interés se identifican los siguientes sitios: Santuario Mariano Nacional, Plaza de la libertad, Parque Pedro José López, Parroquia la Renovación, Museo Nacional Mariano, Parque Julio Flórez, Santuario de Santa Barbará, Sagrado Corazón de Jesús, Antigua Estación del Ferrocarril, Parque Juan Pablo II y las artesanías.

En la Figura 5 se pueden identificar las opciones que tiene disponible cada uno de los puntos de interés, para este caso el Recorrido del Camino de la Rosa. En la figura se presenta la descripción para cada uno de los sitios turísticos o puntos de interés. De igual manera, se presenta un mapa con la ubicación en tiempo real.



Figura 5. Punto de interés el Camino de la Rosa

En la opción de Ecoturismo se encuentran los sitios de las Veranitas, los Currucuyes y la Cruz. Cada sitio describe el tipo de ecosistema, la vegetación, flora o fauna y la descripción, y actividades que se pueden realizar (Figura 6).

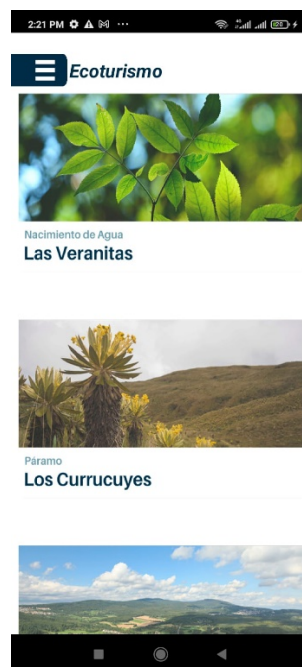


Figura 6. Sitios de ecoturismo en Chiquinquirá

Teniendo en cuenta la incorporación de aplicaciones móviles en los contextos educativos, los estudiantes desarrollan habilidades en la indagación, la exploración mediante el descubrimiento y el aprendizaje significativo, a través de lo que están realizando de manera interactiva, por medio del uso de la tecnología [7-9] en la educación, como se presenta en la aplicación turística.



En la opción Otros servicios el turista tendrá el acceso a información sobre estacionamientos, cajeros automáticos, reposterías y cafés y bares. La opción de Restaurantes y Hoteles se dejó como una sección independiente, por ser una de las opciones más consultadas y solicitadas por los turistas (Figura 9).

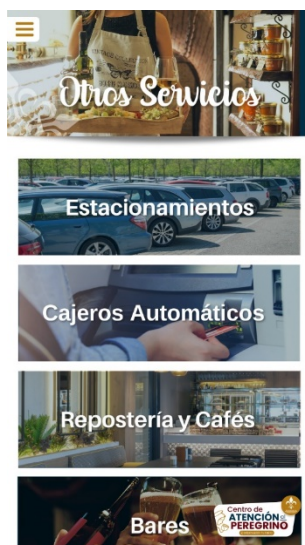


Figura 9. Sección de otros servicios

Para evaluar el objetivo propuesta de la aplicación de turismo App ChiquiTour, se realizó una encuesta para conocer la percepción de los turistas. Para lo anterior, se construyó un instrumento el cual se construyó mediante preguntas cerradas y abiertas. La encuesta se aplicó a una población de 18 turistas que visitaron el municipio de Chiquinquirá en la Semana Santa del 2023. A continuación, se relacionan las preguntas que se realizaron:

1. Evalué en una escala de 1 a 5 ¿cómo le pareció la usabilidad de la aplicación (usabilidad= facilidad de uso para acceder a la APP aplicación móvil)
2. Respecto a las secciones principales de la APP ChiquiTour UNI (1. Recorridos, 2. Puntos de interés, 3. Ecoturismo, 4. Restaurantes, 5. Hoteles ¿Cuál otra sección le gustaría que se incluye en la aplicación de ChiquiTour UNI?
3. ¿Considera necesario la utilización de una APP (aplicación móvil) para conocer los sitios turísticos del municipio de Chiquinquirá?
4. ¿Por qué considera necesario utilizar una APP en temas de turismo de un municipio? Escriba a continuación
5. Evalué en una escala de 1 a 5 ¿Cuál considera es el beneficio o aporte de la implementación de un APP en temas de turismo en el municipio de Chiquinquirá?
6. De acuerdo con los tipos de turismo definidos para la APP ¿en cuál le gustaría se profundizará?

Sí selecciono *otros*, describa los tipos de turismo que le gustaría se incluyeran en la APP

Los resultados de la aplicación de la encuesta evidenciaron los siguientes resultados: los encuestados corresponden a 16 turistas nacionales y 2 internacionales.

En cuanto a la primera pregunta, los encuestados respondieron que consideran se encuentran los sitios turísticos que siempre reconocen cuando van a un sitio que quieren conocer. Se recomienda hacer más énfasis en los museos y hacer énfasis en la localización. De otro lado, frente a la segunda pregunta, todos los turistas mencionaron la necesidad de este tipo de aplicaciones para reconocer los sitios turísticos de los lugares que se visitan.

Para la tercera pregunta ¿Por qué considera necesario utilizar una APP en temas de turismo de un

municipio? Se realizó una nube de palabras con la respuesta que dieron los encuestados, lo cual se puede identificar en la Figura 7. En la figura se puede identificar que la mayor expectativa se orienta en el reconocimiento de los sitios turísticos, la facilidad de ubicación, y la disminución de la complejidad en la localización de los sitios.



Figura 7. Nube de palabras de las respuestas de los encuestados

A continuación, en la Tabla 1 se listan las respuestas destacadas.

Tabla 1. Respuestas de los encuestados frente a la necesidad de una APP en el sector del Turismo

Por qué a veces no sabemos a dónde ir con la familia cuando uno viene de paseo
Es rápido, fácil y seguro. Además, es una herramienta que la mayoría puede llevar
El turismo está muy devaluado en Chiquinquirá
Para poder conocer más y saber qué lugares turísticos nos recomienda
Lo considero muy necesario debido a la cantidad de peregrinos, los cuales vienen a cumplir promesas entre otras cosas
Mostrar lo bonito de nuestra región
Confianza
Para mejor ubicación
Por qué así se podrá recorrer mejor el municipio
Para tener facilidad en el municipio
Por qué así se podría tener un mejor recorrido del municipio
Para tener un plan de recorrido cuando sea necesario para los turistas
Es muy útil para que los turistas conozcan las instalaciones y que no tengan ningún tipo de complejidad al momento de llegar a este municipio
Es muy útil para las personas que vienen a conocer (turistas) o personas que se mudan ya que al momento de dirigirse a un lugar en específico tengan la disponibilidad de la APP y no les quede complejo al momento de llegar a su destino
Es una forma útil de conocer el municipio
Falta de información
Facilidad y ahorrar tiempo en la búsqueda

Frente a la pregunta 4, ¿por qué considera necesario utilizar una APP en temas de turismo de un municipio? evalúe en una escala de 1 a 5, 14 de los encuestados dieron una valoración de 5 puntos y 4 de los restantes en una escala de 4. De otro lado, y de acuerdo con las preguntas de 5. De acuerdo con los tipos de turismo definidos para la APP ¿en cuál le gustaría se profundizará? Los encuestados respondieron en Ecoturismo y Turismo Religioso, los que se ubicaron en la categoría otros, respondieron cultural, deportivo e historia. De acuerdo, con los anteriores resultados, se puede identificar la oportunidad y pertinencia de la aplicación móvil como una oportunidad para el reconocimiento de lugares turísticos en una región.

#### 4. CONCLUSIONES

Se presenta la aplicación denominada ChiquiTour, la cual se centra en visibilizar el turismo en Chiquinquirá tomando como bases el turismo responsable y sostenible. Se debe identificar que la construcción de este

aplicativo se realiza con el apoyo del Santuario Mariano Nacional, Parroquia la Renovación y le Fundación Paniagua. Se destaca en los sitios turísticos del municipio de Chiquinquirá, en especial los relacionados con lo religioso. No obstante, el trabajo de campo permitió evidenciar, que existen otros lugares que pueden visitar los turistas, estos orientados hacia el agroturismo o el ecoturismo. En este orden de ideas, es importante manifestar

El desarrollo de la investigación permitió contribuir mediante la implementación de una aplicación móvil al sector de turismo, se evidencia el fortalecimiento de competencia ingenieriles y la contribución hacia la Sociedad. Sin embargo, una de las recomendaciones en la continuidad de esta propuesta se debe orientar hacia el turismo sostenible, esta es una manera de concebir el turismo con un enfoque de protección hacia los ecosistemas y reservas naturales. De igual manera, en la protección de los lugareños y respetando el patrimonio cultural y natural de los lugares turísticos. Los pilares del turismo sostenible se basan en la economía, la sociedad y el ambiente, así la industria se compromete a revertir en infraestructura y desarrollo para el cuidado de los entornos.

Así mismo, concientizar al turista para que proteja y cuide los lugares que visita. El turismo sustentable basa sus esfuerzos en reducir su impacto sobre las localidades, ejecutando planes que permitan mantener en el tiempo el progreso y crecimiento de las regiones [7]. Finalmente se puede destacar que, en la validación de la aplicación móvil, se destaca el reconocimiento que los turistas dieron como una herramienta útil para la identificación de sitios turísticos, y que lo consideran como una necesidad y se convierte en una hoja de ruta para los turistas.

## REFERENCIAS

- [1] Alcaldía de Chiquinquirá. (2023). Recuperado: <https://www.chiquinquira-boyaca.gov.co/Paginas/default.aspx>
- [2] Dominicos de Colombia. (2019). Boletín de la Provincia. Recuperado: [www.opcolombia.org/images/biblioteca\\_virtual/anales/Anales\\_2019.pdf](http://www.opcolombia.org/images/biblioteca_virtual/anales/Anales_2019.pdf)
- [3] Silva A. et al. (2023). Turismo: Una mirada desde el turismo sostenible y responsable. *International Journal of Tourism and Hospitality* 3(1), 8-11.
- [4] Hernández J. y Silva A. (2022). RecordMedic: Una aplicación móvil para la supervisión en la toma de medicamentos de los adultos mayores. En Serna E. (ed.), *Ingeniería y desarrollo en la nueva era* (pp. 739-750). Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- [5] Silva A. et al. (2021). Aportes educativos en soluciones tecnológicas para proveer servicios de donación de sangre entre personas naturales y bancos de sangre en la ciudad de Bogotá. *Docencia, ciencia y humanidades: Hacia un enseñanza integral en la universidad del siglo XXI*. Dykinson.
- [6] Silva A. et al. (2022). Estrategias didácticas con TIC para el fortalecimiento del pensamiento lógico matemático. *Estrategias didácticas para el mejoramiento de los procesos de aprendizaje y bienestar de los estudiantes de educación superior*. Ediciones USTA.
- [7] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2019). *Política de Turismo Sostenible: Unidos por la Naturaleza*. Recuperado: <https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollo-sostenible/politicas-del-sector-turismo/politica-de-turismo-sostenible>

# Soluciones acústicas para la caracterización metalúrgica en un acero modificado micro estructuralmente

Jorge Vera Alvarado<sup>1</sup>

Luis Caballero García<sup>2</sup>

Martín Taboada Neira<sup>3</sup>

*Universidad Nacional de Trujillo, Perú*

La caracterización mecánica en aceros realizada con pruebas destructivas ocasiona problemas que van desde la imposibilidad de uso para un componente en servicio, hasta la ocupación de grandes áreas en el laboratorio para salvaguarda de probetas. El objetivo de este trabajo es obtener correlaciones entre medidas acústicas con haz recto y medidas de durezas en un acero de medio carbono modificado micro estructuralmente por tratamiento térmico. Por lo cual, se seleccionaron muestras de acero de medio carbono para ser enfriadas con tres severidades de enfriamiento diferentes: dentro del horno, en aire tenue y en aceite con agitación moderada, desde la región de austenización a 840°C por un tiempo de sostenimiento de 45 minutos. Los detalles estructurales en cada muestra fueron obtenidos por metalografía óptica, las medidas acústicas fueron desarrolladas con haz recto mediante la técnica pulso eco y las medidas de dureza por ensayo Vicker. Los resultados mostraron que, cuando se varía la severidad de enfriamiento, se producen fases diferentes, que van desde estructuras martensíticas para muestras enfriadas en aceite que reportaron elevada dureza, hasta estructuras ferríticas perlíticas para las muestras enfriadas dentro del horno de menor dureza. Las medidas acústicas variaron de manera significativa en cada muestra inducida a cambios metalúrgicos, con lo cual fue posible obtener correlaciones con medidas de dureza.

---

<sup>1</sup> Magíster en Ciencia y Tecnología de materiales y Doctor en ciencias ambientales. Contacto: [jvera@unitru.edu.pe](mailto:jvera@unitru.edu.pe)

<sup>2</sup> Ingeniero Metalurgista. Contacto: [lcaballerog@unitru.pe](mailto:lcaballerog@unitru.pe)

<sup>3</sup> Ingeniero Metalurgista y Doctor en Ciencias ambientales. Contacto: [mtaboada@unitru.edu.pe](mailto:mtaboada@unitru.edu.pe)

## 1. INTRODUCCIÓN

Obtener medidas directas de resistencia en un componente metálico mediante técnicas no destructivas es un problema que aún se pretende resolver, los métodos convencionales por su naturaleza destructiva imposibilitan su utilidad para un componente en servicio, de hecho, por la necesidad de salvaguarda de las probetas de prueba, se genera áreas inútiles en el laboratorio de ensayo. La prueba no destructiva de ultrasonido industrial, desarrollada para detectar y rechazar defectos internos producidos durante la fabricación, de tal forma se asegure la calidad en servicio de componentes industriales, su utilidad, resulta ser una alternativa para evaluar las propiedades mecánicas de un componente en servicio [1].

Se ha demostrado que las pruebas ultrasónicas son un medio alternativo para la caracterización de la microestructura [2-5]; sin embargo, los fundamentos teóricos para las correlaciones no están bien desarrollados. En algunos casos, las correlaciones parecen fortuitas y dependen de condiciones particulares de los materiales individuales [6, 7].

Además, hay resultados que indican que las mediciones ultrasónicas pueden correlacionarse con las propiedades mecánicas medidas destructivamente, y también pueden ayudar a identificar las características microestructurales que gobiernan esas propiedades [8, 9]. La rapidez de propagación de la onda mecánica en un material, tiene una relación directa con el módulo de rigidez, resistencia a tensión y por tanto dureza; propiedades que están intrínsecamente ligadas a los detalles microestructurales; tales como, bordes de grano, precipitados y estructura cristalina en las fases [10, 11].

Medidas de atenuación de la onda ultrasónica en el material por pérdida de energía del haz, también es afectada por los detalles microestructurales, los mecanismos son diversos; sin embargo, en la mayoría de materiales policristalinos el mecanismo de dispersión en bordes de grano es el dominante [12, 13]. Los bordes de grano actúan como una intersección en el camino para la propagación del haz, que incrementa la distorsión del haz, conforme incrementa su tamaño [14]. Medidas con frecuencias de oscilación del haz con ondas trasversales reportan mayor sensibilidad para caracterizar los granos [15].

Los aceros por su composición química y carácter polimórfico en su estructura cristalina, en función al tratamiento termo mecánico, disponen de fases y propiedades mecánicas que son notoriamente distintivas, con lo cual, es posible obtener medidas diferentes como respuesta al interactuar con la onda ultrasónica. Existe en la literatura científica correlaciones empíricas entre la velocidad y la atenuación y varias propiedades mecánicas [16-18], la rapidez y pérdida de energía del haz han permitido caracterizar microestructuras en aceros en diferentes grados de suministro [19]. Estructuras ferríticas, respecto a fases aciculares bainíticas – martensíticas son las que producen mayores pérdidas de energía en la ruta de propagación del haz [20, 21].

La imposibilidad de caracterizar un componente en servicio, los costos por preparación de probetas para ensayos mecánicos, hasta la ocupación de grandes áreas en el laboratorio para salvaguarda de probetas. Nuestra solución fue generar un procedimiento para determinar de manera directa medidas de dureza en un acero de medio carbono de diámetro y tratamiento térmico variable, a partir de su correlación con propiedades ultrasónicas, y su posible utilización en aplicaciones industriales. Nuestro equipo de investigación ha colaborado en la caracterización microestructural, mecánica y ultrasónica del material de estudio.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Objeto de estudio

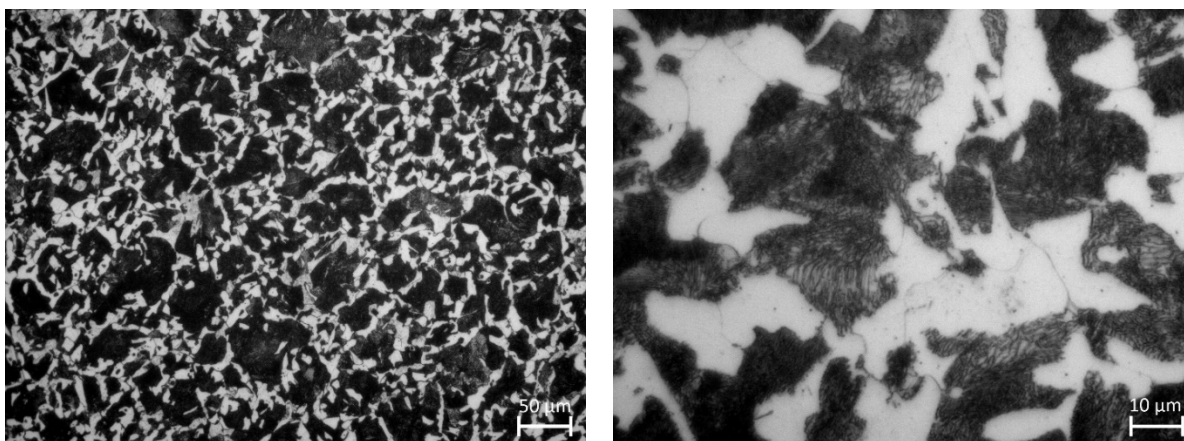
Para desarrollar la presente investigación fue seleccionado una aleación ferrosa de medio carbono para construcción mecánica, por sus diversas aplicaciones en el sector industrial como elemento de transmisión de potencia; su composición química fue la reportada por el fabricante: 0,43% C; 0,50% Mn; 0,10% Si; 0,035% P y 0,035% S. Fueron obtenidas probetas de altura 12 mm, de caras planas y paralelas, mediante una máquina de corte mecánico LECCO MSX 205, en sentido transversal de una barra de diámetro 33.00 mm. Cada

probeta fue adecuada por desbaste y pulido con pasta de diamante, para eliminar intrusiones geométricas en la superficie que puedan tener efecto en las medidas por ultrasonido; la condición superficial, distribución y resguardo se aprecia en la Figura 1.



**Figura 1.** Probetas objeto de estudio

La caracterización metalúrgica de las muestras fue obtenida mediante ensayos metalográficos y medidas de dureza con un equipo Metalográfico de configuración invertida marca Karl Zeiss, tipo AXIOVERT A1, y un equipo para micro dureza Innovatest del tipo Falcon 501. Los detalles microestructurales de la muestra intacta en condición de suministro a diferentes aumentos se aprecian en la Figura 2, la estructura corresponde a la fase ferrítica (color blanco) producto de la transformación proeutectoide de la austenita y el constituyente perlítico (región oscura) por transformación eutectoide de la austenita, las fases correspondientes son típicas para un acero de medio carbono enfriado al aire desde la región de austenización.



**Figura 2.** Constituyente microestructural: a) a 100 X, y b) a 250 X

Las medidas de dureza de la muestra intacta y que se detallan en la Tabla 1, es el resultado de cinco indentaciones en la superficie de cada probeta.

**Tabla 1.** Medida de dureza en probetas en condición intacta

Material	Promedio de dureza (Hv)	Dureza Máxima (Hv)	Dureza Mínima (Hv)	Desviación Estándar
AISI 1045	218,4	220,1	217,9	0,9

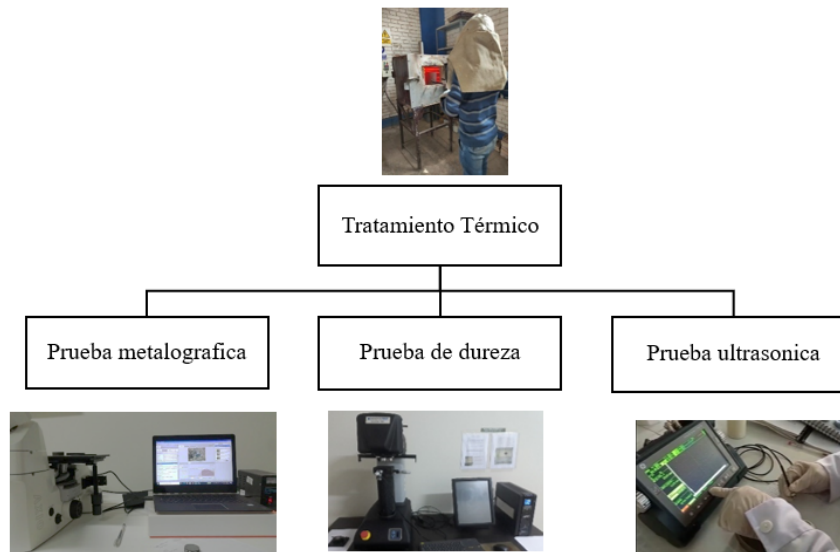
## 2.2 Procedimiento

De manera gráfica se especifica la secuencia de actividades para el procedimiento experimental que se llevó a cabo en el presente trabajo de investigación, tal como se aprecia en la Figura 3.

### 2.2.1 Inducción a cambios metalúrgicos por tratamiento térmico

Las muestras de acero de medio carbono fueron cuidadosamente preparadas y seleccionadas aleatoriamente; tres corridas experimentales fueron planificadas para producir cambios micro estructurales

en el acero respecto a su condición de suministro, se varió la severidad de enfriamiento en aceite, en aire quieto y dentro del horno, desde la región de austenización a la temperatura de 840 °C en un horno eléctrico de resistencia tipo mufla, durante 45 minutos como tiempo de sostenimiento dentro del horno para asegurar transformación completa en la región austenítica.



**Figura 3.** Procedimiento experimental

### 2.2.2 Pruebas metalográficas

Cada cara en las muestras, fue preparada para las pruebas metalográficas por desbaste con papeles abrasivos de alúmina, con un acabado final en papel número 1200, y el pulido se llevó a cabo con un paño embebido en pasta de diamante de 3 µm; para la prueba metalográfica se realizó un ataque químico en la superficie de cada muestra con una solución química de Nital al 2% durante 20 segundos para ser examinadas en un microscopio óptico metalográfico ZEISS AXIO, los detalles metalúrgicos fueron caracterizados acorde a las especificaciones que se detallan en la norma ASTM E112-13 [22].

### 2.2.3 Pruebas para medida de dureza

Medidas de dureza en escala Vicker fueron obtenidas en un equipo marca Innovatest Falcon 500, acorde a las especificaciones detalladas en la norma ASTM E384 [23], la carga para la indentación fue de 9,8 N por un tiempo de 10 segundos, se reportó el promedio de que generan tres medidas en cada muestra.

### 2.2.4 Pruebas ultrasónicas

Las mismas muestras fueron sometidas a pruebas ultrasónicas en un equipo Krautkramer USM 36, para obtener medidas de rapidez de propagación de ondas longitudinales con haz recto y pérdidas de energía por atenuación, con un palpador de 2,25 MHz de banda de frecuencia, del tipo pulso-eco, y como sustancia acoplante marca Sonatec, acorde a especificaciones que son detalladas en la norma ASTM E 494-20 [24] y ASTM E 664 [25]. La rapidez con la que se propaga la onda mecánica  $V$ , se calculó de acuerdo a la ecuación (1), el tiempo de vuelo  $t$  que se genera entre el primer y segundo eco desde la cara posterior en la muestra de prueba de 12 milímetros de espesor  $X$ , se determina en la pantalla del equipo.

$$V = 2X/t \quad (1)$$

Las pérdidas de energía por atenuación del haz en cada elemento de prueba son bien cuantificadas de acuerdo al coeficiente de atenuación  $\alpha$ , tal como se detalla en ecuación (2), dicho factor se infiere por una relación de amplitudes consecutivas visibles en pantalla del equipo, donde  $A_1$ , es la amplitud del primer eco y  $A_2$ , es la amplitud del segundo eco, que se generan en el fondo de la muestra de espesor  $x$ , en cada elemento de prueba.

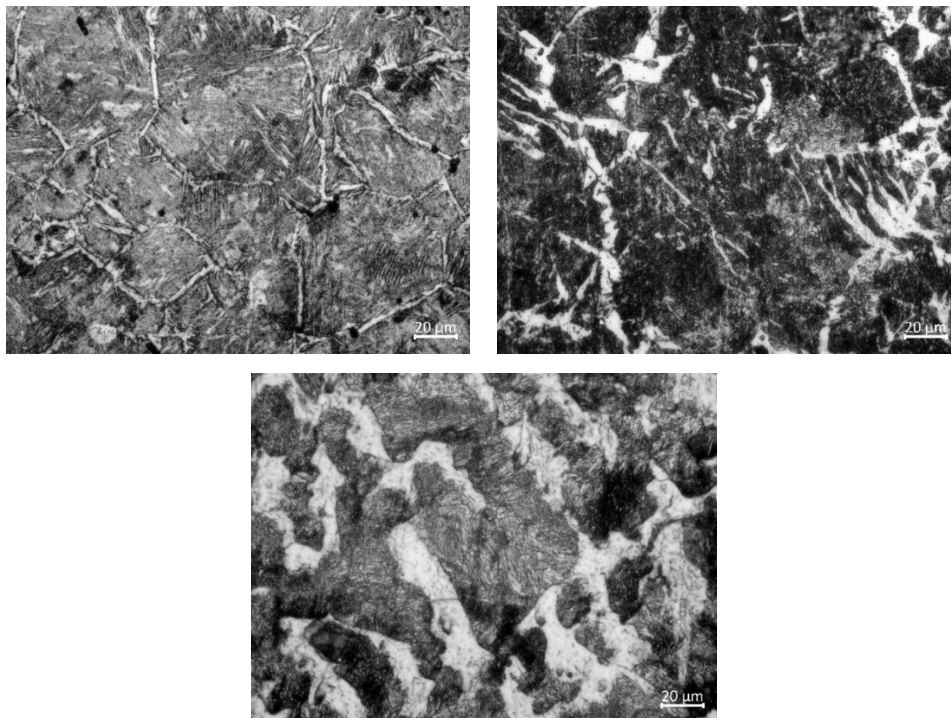


$$\alpha = \frac{20 \log(A_1/A_2)}{2X} \quad (2)$$

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Resultados de los ensayos metalográficos

En la figura 4 se presenta las variaciones microestructurales del acero de medio carbono al ser enfriado desde la región austenítica, en diferentes medios de severidad de enfriamiento, en la figura 4 (a) se puede apreciar la estructura acicular típica de la Martensita y Bainita, producto de transformaciones de fase fuera del equilibrio, por enfriamiento en aceite, en la Figura 4 (b) se aprecia que al disminuir la severidad de enfriamiento en aire, las transformaciones son a ferrita masiva, ferrita witmanstatten y perlita dentro del grano, hasta transformaciones que se aprecian en la figura 4 (c) ferríticas - perlíticas cercanas al equilibrio cuando el enfriamiento hasta la temperatura ambiente se produce dentro del horno.



**Figura 4.** Microestructura: a) Martensita y Bainita, b) Microestructura ferrítica masiva, ferrita witmanstatten, perlita dentro del grano, y c) microestructura ferrítica - perlítica

#### 3.2 Resultados de durezas

En la Tabla 2, se detallan las medidas de dureza en las muestras modificadas micro estructuralmente por tratamiento térmico al variar la severidad de enfriamiento.

**Tabla 2.** Medidas de dureza en probetas modificadas metalúrgicamente

Severidad de enfriamiento	HV1	HV2	HV3	HV Promedio
Aceite	447,2	422,5	461,4	443,70
Aire	276,6	297,0	264,3	279,30
Horno	253,6	257,4	247,9	252,90

En la Figura 5 se aprecia de manera notoria la tendencia a incrementar las medidas de dureza en las muestras conforme incremento la severidad de enfriamiento, dicha tendencia aumenta hasta un máximo de dureza en muestras obtenidas por enfriamiento en aceite desde la temperatura de calentamiento en la región de austenización, cuyas estructuras son de morfología acicular, tales como las fases bainíticas - martensíticas, dichas estructuras disponen de mayor resistencia a la deformación plástica y por tanto, mayor resistencia a la indentación, respecto a estructuras obtenidas por transformaciones cercanas al equilibrio como las fases ferríticas perlíticas obtenidas en muestras por enfriamiento dentro del horno desde la región austenítica.

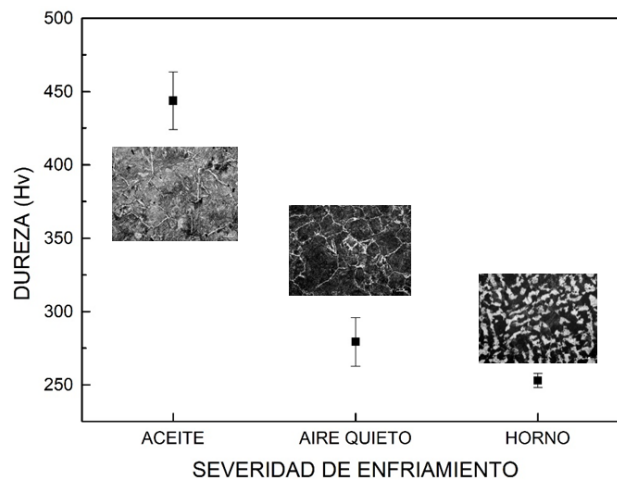


Figura 5. Medidas de dureza en función a la severidad de enfriamiento

### 3.3 Resultados de pruebas acústicas

Para calibrar el equipo para medidas ultrasónicas, fue utilizado un estándar de referencia de acero AISI 1018, del tipo DSC, la distancia de calibración fue 25,00 mm, con lo cual la rapidez de propagación del haz recto fue 5906,00 m/s. Los factores ultrasónicos fueron obtenidos acorde a las ecuaciones (1) y (2), en la Tabla 3 se detallan los factores acústicos obtenidos en cada probeta modificada metalúrgicamente al variar la severidad de enfriamiento. Las estructuras ferríticas - perlíticas cercanas al equilibrio y obtenidas en probetas sometidas a enfriamiento lento dentro del horno desde la región austenítica reportaron las medidas ultrasónicas más altas, tanto de la velocidad como la atenuación, seguida de las estructuras ferríticas - perlíticas - bainíticas en muestras enfriadas en aire quieto, y las medidas menores de dureza fueron obtenidas en muestras que presentaron estructuras bainíticas - martensíticas producto del enfriamiento más severo en aceite desde la región de austenización.

Tabla 3. Factores acústicos en muestras modificadas metalúrgicamente

Severidad de enfriamiento	Velocidad (m/s)					Coeficiente de atenuación				
	V1	V2	V3	PROM	ST	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	PROM	ST
Aceite	5860,56	5858,42	5867,21	5862,06	4,58	0,098	0,093	0,092	0,09433	0,00321
Aire quieto	5895,9	5902,25	5912,13	5903,43	8,17	0,104	0,103	0,101	0,10267	0,00153
Horno	5925,65	5934,1	5931,77	5930,51	4,36	0,112	0,125	0,118	0,11833	0,00651
Suministro	5905,32	5900,02	5898,08	5901,14	3,75	0,124	0,121	0,13	0,125	0,00458

En la Figura 6 (a) se aprecia que la rapidez de propagación de la onda mecánica tiende a incrementar conforme disminuye la severidad de enfriamiento, velocidades menores del haz experimentan las estructuras martensíticas debido a la elevada distorsión que se produce en la red tetragonal, comportamiento similar son reportados en el trabajo de [26]. En la Figura 6 (b) se aprecia que la atenuación disminuyó conforme incrementó la severidad de enfriamiento, mayores dispersiones ultrasónicas generan estructuras fuera del equilibrio, tales como las bainíticas martensíticas [27].

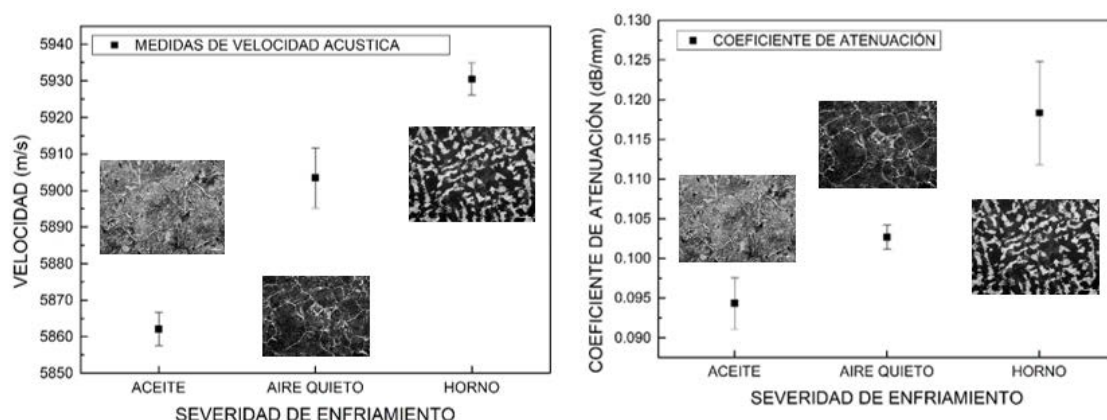


Figura 6. Efecto de severidad de enfriamiento en: a) Velocidad del haz, y b) atenuación

### 3.4 Relación de medidas acústicas y dureza en muestras modificadas metalúrgicamente

Las muestras modificadas metalúrgicamente al variar la severidad de enfriamiento han inducido fases cristalinas cuyas medidas de dureza son marcadamente diferenciables, variaciones similares se produjeron con las medidas acústicas, con lo cual fue posible obtener una correlación grafica entre ambas variables, constituyendo una posible solución tecnológica para caracterizar metalúrgicamente y mecánicamente un acero de medio carbono; dicha correlación se aprecia en la Figura 7; de hecho, los resultados muestran que las estructuras aciculares martensíticas obtenidas por enfriamiento en aceite, disponen de mayor dureza y los factores acústicos más bajos, por otro lado, cuando el medio de enfriamiento fue en aire; las durezas tienden a disminuir, y generaron un incremento en las medidas de los factores acústicos, incrementando a valores máximos cuando las muestras fueron expuestas a severidad de enfriamiento lenta dentro del horno.

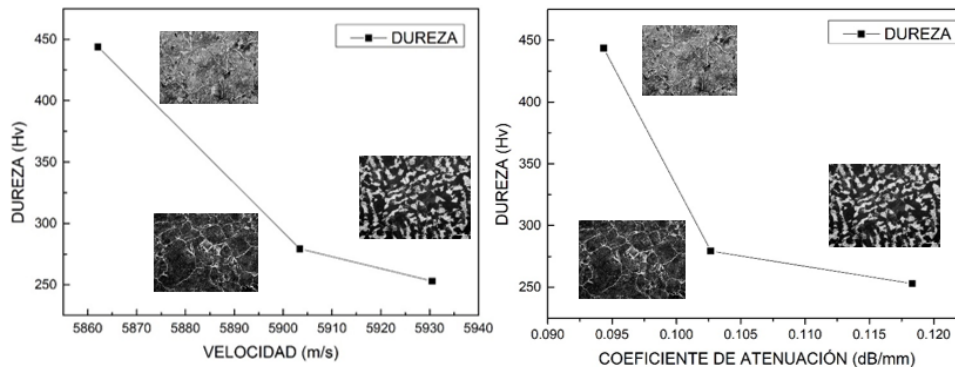


Figura 7. Relación entre medidas de dureza y factores acústicos: a) Velocidad, y b) atenuación

## 4. CONCLUSIONES

Medidas de factores acústicos y dureza en muestras de acero de medio carbono son notoriamente afectadas por las variaciones metalúrgicas inducidas al variar la severidad de enfriamiento desde la región de austenización, y han posibilitado obtener una relación confiable entre dichos parámetros, que bien pueden ser útiles para ser una solución tecnológica para la caracterización metalúrgica y mecánica de un acero en servicio de composición química similar.

En cada probeta de ensayo, la rapidez de propagación y la atenuación del haz aumenta, conforme disminuye la severidad de enfriamiento. Fases ferríticas periticas cercanas al equilibrio obtenidas por enfriamiento dentro del horno produjeron las medidas mayores de los factores ultrasónicos, seguida de las fases ferríticas de morfología acicular y perlita dentro del grano obtenidas por enfriamiento en aire quieto, y finalmente las muestras que produjeron transformaciones bainíticas - martensíticas por enfriamiento en aceite.

Sugerimos que futuras investigaciones consideren evaluar el efecto de otros detalles microestructurales como el tamaño de grano en medidas acústicas.

## REFERENCIAS

- [1] Green R. (1984). Ultrasonic nondestructive materials characterization. En Vary A. (ed.), *Analytical Ultrasonics in Materials Research and Testing*. NASA. Lewis Research Center.
- [2] Toozandehjani M. et al. (2015). On the correlation between microstructural evolution and ultrasonic properties: a review. *Journal of Materials Science* 50, 2643-2665.
- [3] Rodríguez E. et al. (2011). Characterization of microstructural changes in a duplex stainless steel using spectral analysis and conventional ultrasonic techniques. *Materials Testing* 53(9), 564-571.
- [4] Hakan C. y Orkun B. (2005). Characterization of microstructural phases of steels by sound velocity measurement. *Materials Characterization* 55(2), 160-166.
- [5] Rens K. et al. (1997). Review of nondestructive evaluation techniques of civil infrastructure. *Journal of Performance of Constructed Facilities* 11(4), 152-160.
- [6] Botvina L. et al. (2000). A new method for assessing the mean grain size of polycrystalline materials using ultrasonic NDE. *Journal of Materials Science* 35, 4673-4683.
- [7] Papadakis E. (1963). Rayleigh and stochastic scattering of ultrasonic waves in steel. *Journal of Applied Physics* 34, 265-269.
- [8] Khan S. et al. (2016). Evaluation of the properties of AISI 316L stainless steel materials by means of non-destructive tests. *Nondestructive testing and Evaluation* 31(4), 360-370.
- [9] Palanichamy P. et al. (1995). Ultrasonic velocity measurements for estimation of grain size in austenitic stainless steel. *NDT & E International* 28(3), 179-185.
- [10] Hirsekorn S. (1982). The scattering of ultrasonic waves by polycrystals. *The Journal of the Acoustical Society of America* 72, 1021-1031.
- [11] Tehrani N. et al. (2019). Metallurgical characterization of a low carbon steel microstructure using linear and nonlinear ultrasonics. *Journal of Materials Engineering and Performance* 28, 7206-7212.
- [12] Moghanizadeh A. y Farzi A. (2016). Effect of heat treatment on an AISI 304 austenitic stainless steel evaluated by the ultrasonic attenuation coefficient. *Materials Testing* 58(5), 448-452.
- [13] Wan T. et al. (2017). Effects of grain size on ultrasonic attenuation in type 316L stainless steel. *Materials* 10(7), 753.
- [14] Li W. et al. (2019). Characterization of microstructural evolution by ultrasonic nonlinear parameters adjusted by attenuation factor. *Metals* 9(3), 271.
- [15] Zhang J. et al. (2020). Comparison of experimental measurements of material grain size using ultrasound. *Journal of Nondestructive Evaluation* 39(2), 1-8.
- [16] Lehto P. et al. (2014). Influence of grain size distribution on the Hall-Petch relationship of welded structural steel. *Materials Science and Engineering A* 592, 28-39.
- [17] Jhang K. (2009). Nonlinear ultrasonic techniques for nondestructive assessment of micro damage in material: A review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 10, 123-135.
- [18] Zhu L. et al. (2019). A Study of microstructure evolution during creep of 9Cr-1Mo steel using ultrasonic and hardness measurements. *Journal of Materials Engineering and Performance* 28(4), 2348-2355.
- [19] Behjati P. et al. (2010). Effect of microstructure on attenuation mechanism of ultrasonic waves in carbon steels. *Materials Science and Technology* 26(4), 482-486.
- [20] Ruiz A. et al. (2017). Microstructural and ultrasonic characterization of 2101 lean duplex stainless steel welded joint. *Applied Acoustics* 117, 12-19.
- [21] Hakan C. y Keleş Y. (2003). Ultrasonic characterisation of hot-rolled and heat-treated plain carbon steels. *Insight - Non-Destructive Testing and Condition Monitoring* 45, 615-620.
- [22] American Society for Testing and Materials. (2021). ASTM E 112-13: Standard Test Methods for Determining Average Grain Size.
- [23] American Society for Testing and Materials. (2022). ASTM E 384-22: Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials.
- [24] American Society for Testing and Materials. (2020). ASTM E 494-20: Standard Practice for Measuring Ultrasonic Velocity in Materials.
- [25] American Society for Testing and Materials. (2020). ASTM E 664: Standard Practice for the Measurement of the Apparent Attenuation of Longitudinal Ultrasonic Waves by Immersion Method.
- [26] Hakan C. y Cam I. (2007). Comparison of magnetic Barkhausen noise and ultrasonic velocity measurements for microstructure evaluation of SAE 1040 and SAE 4140 steels. *Materials Characterization* 58(5), 447-454.
- [27] Aghaie-Khafri M. et al. (2012). Characterization of grain size and yield strength in AISI 301 stainless steel by ultrasonic attenuation measurements. *Journal of Nondestructive Evaluation* 31, 191-196.

# Evaluación de calidad en acero de refuerzo soldado en junta a tope indirecta sin precalentamiento

Jorge Vera Alvarado<sup>1</sup>

Luis Caballero García<sup>2</sup>

Martín Taboada Neira<sup>3</sup>

María Elena Cacho Munenaka<sup>4</sup>

*Universidad Nacional de Trujillo, Perú*

Para el aseguramiento de la calidad en la soldadura de estructuras antisísmicas con acero de refuerzo en condiciones de elevado nivel de dificultad, es importante disponer de un procedimiento de soldadura calificado acorde a los estándares de ensamble y calidad disponibles en la norma ANSI/AWS D1.4 – 2018. Por tal razón, se evaluó la calidad de la soldadura de aceros de refuerzo en junta a tope indirecta con bisel en doble V ensanchada, soldados sin precalentamiento en posición vertical. Nueve juntas fueron ensambladas y soldadas por arco eléctrico con electrodo revestido, el tipo de electrodo y los parámetros eléctricos fueron los establecidos por el fabricante. Debido a que las pruebas de resistencia a tracción reportaron valores superiores a los requeridos, las pruebas de macrografía e inspección visual en la sección transversal de soldadura evidenciaron presencia de discontinuidades, los ensayos metalográficos mostraron presencia de fases aciculares bainíticas-ferríticas en la región afectada térmicamente y a que no hubo evidencia de microfisuras, entonces, faltando superar los requerimientos de calidad, se concluye que es posible establecer un procedimiento de soldadura calificado acorde a las especificaciones de soldadura propuesto.

---

<sup>1</sup> Magister en Ciencia y Tecnología de materiales y Doctor en ciencias ambientales. Contacto: [jvera@unitru.edu.pe](mailto:jvera@unitru.edu.pe)

<sup>2</sup> Ingeniero Metalurgista. Contacto: [lcaballerog@unitru.pe](mailto:lcaballerog@unitru.pe)

<sup>3</sup> Ingeniero Metalurgista y Doctor en Ciencias ambientales. Contacto: [mtaboada@unitru.edu.pe](mailto:mtaboada@unitru.edu.pe)

<sup>4</sup> Ingeniero Civil y Magíster en Ingeniería. Contacto: [controldecalidad1@consorciotpcallao.com](mailto:controldecalidad1@consorciotpcallao.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el sector productivo de la construcción ha sido determinante y ha producido un fuerte impulso en la economía nacional; sin embargo, hay quejas reiteradas sobre la calidad en las obras públicas, luego de un tiempo surgen evidencias visuales que indican fallas en las estructuras. Se han explorado diversos factores para explicar las deficiencias en las obras de construcción civil, entre ellos la corrupción. Otro factor importante es la ingeniería para la fabricación del hormigón armado y componentes de hormigón prefabricado, que requiere cambios orientados a la mejora en la productividad; esto implica introducir mejoras en sus sistemas de calidad y capacitación, para disponer de mano de obra calificada en uso de tecnologías implícitas al proyecto.

Desde la fase inicial para la preparación del concreto reforzado, se genera la necesidad de realizar uniones en juntas de traslape, que aún son realizadas utilizando técnicas primarias heredadas del siglo pasado, mediante amarres con alambre; este hecho incorpora puntos débiles estructuralmente que ponen en riesgo la seguridad y durabilidad de la estructura civil. Una buena alternativa para la mejora, es incorporar tecnologías actuales para realizar las uniones en traslape del material reforzante por soldadura y producir estructuras confiables, cuya calidad es posible evaluar, y establecer un procedimiento constructivo por soldadura calificado y homologado.

Las barras de refuerzo para concreto, son de acero laminado; que, en nuestro país, se comercializan de acuerdo a norma y son designadas en [1], se producen y comercializan en diferentes grados de resistencia, sus características físicas y químicas se especifican en la norma técnica peruana [2]. Un tipo de acero de refuerzo caracterizado por ser de baja aleación y que ha cobrado gran impulso por su buena soldabilidad, es la especificada por ASTM A 706, las especificaciones de calidad se encuentran bien establecidos en la norma técnica peruana [3].

En el país por el auge del sector minero metalúrgico, se dispone de suficiente mano de obra calificada y conocimiento respecto a procesos de soldadura, que bien podría utilizarse para satisfacer la demanda en el sector construcción. Las uniones en las juntas de las barras de acero son factibles de ser realizadas por soldadura, en diversos tipos de junta, y por diversos procesos de soldadura que se encuentran bien establecidos en [4]. Se ha dicho que un proceso de soldadura produce coalescencia del electrodo utilizado como aporte, junto al material base, las temperaturas de arco son suficiente para la fusión localizada en la junta [5].

El proceso de soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido SMAW utiliza una maquina transformadora rectificadora de corriente eléctrica, que produce un arco eléctrico al ponerse en contacto el alambre de aporte en el bisel de la junta; el calentamiento provoca, la fusión y dilución del material aportante, la unión se produce por solidificación entre ambos elementos de la junta [6]. En la solidificación, para producir una estructura sana metalúrgicamente, libre de defectos, es importante controlar de manera práctica los parámetros operativos de soldeo y con ello el ciclo térmico de calentamiento y enfriamiento.

Existen diferentes teorías que explican bien el mecanismo de solidificación y la metalurgia de la soldadura [7]. Tales teorías han sido obtenidas a partir de conocimiento sobre solidificación convencional de nucleación y crecimiento para producir fundiciones, también se analiza la influencia de los gradientes térmicos y velocidad de crecimiento por solidificación en el sobreenfriamiento constitucional para producir mono cristales [8,9]. La solidificación rápida en soldadura es explicada muy bien a partir de teorías de solidificación a altas velocidades de enfriamiento [10]. El modelo para solidificación de un mono cristal explica bien la forma geométrica de la piscina líquida, y posterior nucleación y crecimiento afectada por la velocidad de soldeo [11].

La soldabilidad de un acero es evaluada por el riesgo de agrietamiento en frío después de ser realizada la unión por soldadura [12], y es dependiente de sus características metalúrgicas en la región de soldadura, incluye las regiones de soldadura y las modificadas por el calor en el metal base adyacente a la zona de fusión [13]. Los aceros que presentan mejor soldabilidad son los que disponen menor carbono en su constitución química, con lo cual, presenta menor capacidad para producir transformaciones martensíticas durante el

enfriamiento desde la región austenítica [14]. Las variables que afectan la calidad y con ello sus propiedades mecánicas y geométricas en una junta soldada, son diversos, entre los cuales se señalan como los más importantes:

- La tecnología de soldadura, que incluye posición y velocidad de soldeo, que afectan la forma de la piscina líquida, el ratio de crecimiento, y características de forma en los granos.
- La constitución química en la región soldada, que depende en principio, tanto, de la constitución química del material aportante y de ambos elementos en la junta, la teoría del sobre-enfriamiento constitucional explica muy bien la heterogeneidad química en la región de soldadura y con ello presencia de precipitados de baja temperatura.
- La velocidad de enfriamiento que es extrapolada del ciclo térmico inducido en la región de soldadura, y que afecta las transformaciones de fases durante el enfriamiento.
- Carbono equivalente del metal base en la junta, que afecta directamente a la templeabilidad y con ello la soldabilidad [15].

La posición de soldeo es otro factor importante a considerar, su efecto en la soldabilidad es difícil de discernir [16]; sin embargo, estudios han demostrado que tiene efecto significativo en la resistencia al impacto en la región de soldadura. La posición de soldeo vertical ascendente reporta valores menores de tenacidad respecto a otras posiciones [17].

La velocidad con la que enfría la región de soldadura, resulta ser una variable relativamente fácil e importante de controlar y con ello el desarrollo micro-estructural que afectan directamente a las características mecánicas; de hecho, la velocidad con la que enfría la junta para un espesor específico, es afectada por el calor aportado y con ello del voltaje de arco, la intensidad de corriente, la velocidad de soldeo, y el tipo de proceso de soldadura [18].

Diversos estudios han permitido analizar la soldabilidad en aceros de refuerzo para concreto, en juntas a tope [19], se ha variado la posición de soldeo y la temperatura de precalentamiento para evaluar la soldabilidad mediante pruebas visuales y mecánicas [20]. El efecto de precalentar la junta mejora la soldabilidad de la unión, sin embargo, esta acción previa al soldeo constituye una operación adicional en la cadena de fabricación, con lo cual, es preferible evitar siempre que fuera posible; por otro lado, las juntas soldadas en traslape en acero de refuerzo han sido poco estudiadas, y por las condiciones en campo, generalmente las uniones requieren una posición vertical para el soldeo, dichas actividades constituyen las condiciones más extremas que juegan en contra de la soldabilidad en las uniones soldadas.

Con esto, el objetivo del trabajo propuesto fue evaluar la calidad de la junta soldada mediante el proceso de soldadura SMAW, para aceros de refuerzo con junta a tope indirecta en V ensanchada, soldados sin precalentamiento en posición vertical, acorde a los estándares de conformidad alineados a la norma AWS D1.4 [4], donde se especifican los requerimientos de resistencia y sanidad superficial, evaluadas mediante pruebas mecánicas y visuales.

## **2. MÉTODO**

### **2.1 Objeto de estudio**

En la presente investigación los aceros de refuerzo fueron suministradas por la empresa SIDER PERÚ – GERDAU, con denominación ASTM A615 y A706 grados 60, de diámetro nominal 25,4 mm que genera 510 mm<sup>2</sup> de área en la sección transversal. La caracterización química y mecánica fueron reportadas por el fabricante, cuyos valores característicos se presentan en detalle en las Tablas 1 y 2.

Se obtuvieron muestras en cada material intacto para su caracterización metalográfica, por corte, desbaste y pulido para posterior ataque con Nital al 3%; los detalles micro-estructurales se aprecian en la Figura 1, ambos aceros se caracterizan por presentar estructura ferrítica perlítica; es notoria la presencia ferrítica en

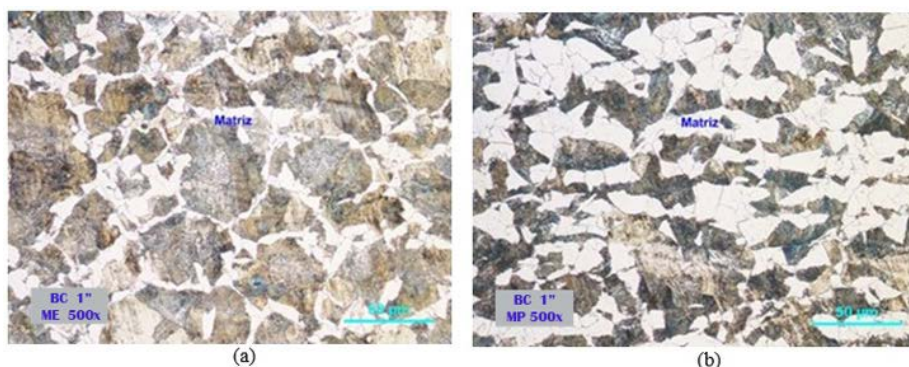
mayor proporción en el acero ASTM A 706 respecto al ASTM A615, hecho que es de suponer por su menor porcentaje de carbono.

**Tabla 1.** Constitución química de los refuerzos

Tipo de Refuerzo	Composición Química elemental, %					
	C	Mn	P	S	Si	C.E.
ASTM A706	0,250	1,300	0,038	0,041	0,49	0,49
ASTM A615	0,374	1,278	0,042	0,045	0,52	0,59

**Tabla 2.** Propiedades mecánicas de los materiales objeto de estudio

Acero ASTM	Código	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Tensión Ruptura (Mpa)	Tensión Fluencia (Mpa)	% Alargamiento
A615	1	25,4	510	649,13	455,59	11,37
A615	2	25,4	510	635,61	468,88	10,84
A615	3	25,4	510	644,25	457,31	10,59
A706	1	25,4	510	574,35	456,29	12,26
A706	2	25,4	510	571,13	449,11	14,19
A706	3	25,4	510	563,21	461,27	13,08



**Figura 1.** Constituyente micro-estructural de los aceros en estado de suministro: a) ASTM A 615, y b) ASTM 706

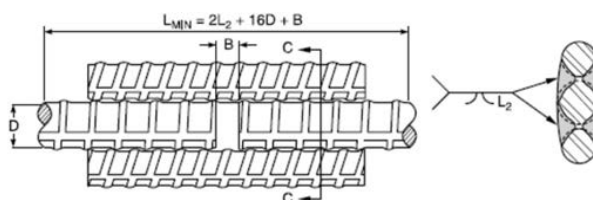
## 2.2 Metodología

Fueron adecuadas nueve ensambles para soldadura de ranura en ambos tipos de acero, en el siguiente orden: 1) tres para acero ASTM A615, 2) tres para acero ASTM A706, y 3) tres para uniones disímiles. El material de aporte fue un electrodo de bajo hidrogeno clasificado como AWS E-8018 C3 [21]; el criterio de selección fue por la compatibilidad mecánica en ambas barras de refuerzo, su resistencia fue, al menos, igual a la del material base. Las propiedades mecánicas del electrodo, como soldado y parámetros eléctricos operativos con corriente directa y polaridad inversa especificados por el fabricante, se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Características mecánicas y parámetros eléctricos del electrodo

Diámetro del electrodo (mm)	Tensión a tracción (Mpa)	Límite de fluencia mínima (MPa)	Parámetros de soldadura	
			Amperios	Voltios
3,2	550-675	505-590	90-160	20-27
2,4	550-675	505-590	70-110	20-27

Las juntas en las barras a tope indirecta con bisel en V ensanchado, fueron preparadas por corte mecánico, la configuración geométrica y dimensional en cada probeta fue de acuerdo a lo establecido en el documento AWS D 1.4 [4], cada detalle es apreciado en la Figura 2.



**Figura 2.** Longitud máxima de las soldaduras



Se especifica, que la longitud  $L_{MIN}$ , es la longitud mínima para cada barra para ensayo y debe ser al menos, 16 veces el diámetro de la barra,  $L_{MIN}$  fue calculada de acuerdo a la ecuación (1).

$$L_{MIN} = 2L_2 + 16D + B \quad (1)$$

Donde: B es la separación entre los extremos internos de las barras, se especifica una separación no mayor a 19 mm,  $L_2$  es la longitud máxima permitida de soldadura para conexión en los conjuntos de prueba calculada de acuerdo a la ecuación (2).

$$L_2 = 5.44F_y(D)/(N)F_{xx} \quad (2)$$

Donde:

$F_y$ : Tensión de fluencia mínima nominal especificada para la barra de ensayo, para barras de composición química disímil, se utilizó como criterio de diseño, el menor de los dos valores de resistencia.

$F_{xx}$ : Resistencia a tracción mínima especificada de material aportante.

D = Diámetro de barra de acero de refuerzo.

N = número de soldaduras de conexión entre la barra y los materiales de empalme.

Los parámetros dimensionales en las probetas fueron obtenidos acorde a las ecuaciones (1) y (2), donde  $L_2$  es 25,908 mm y  $L_{MIN}$  es 473,18 mm. Con lo cual, cada elemento en la junta fue preparado para obtener ensambles de 600 mm de longitud (mayor a 473,18 mm), los detalles se aprecian en la Figura 3.



Figura 3. Corte para ensambles de prueba

El proceso de soldeo fue realizado por un soldador homologado con una máquina de soldar XMT 450, en posición vertical descendente sin precalentamiento. Cada probeta ensamblada y soldada fue evaluada por inspección visual bajo la supervisión de un inspector de soldadura CWI, quien verifico la exactitud dimensional y sanidad superficial en la soldadura, de acuerdo al requerimiento de calidad establecido para este tipo de acero [4].

Análisis complementarios de macrografía fueron realizados, por corte transversal, en la junta de los ensambles soldados; las probetas fueron preparadas por desbaste y pulido mecánico, el ataque químico fue realizado con el reactivo químico Nital al 3%, la sanidad superficial fue evaluada en la sección transversal de la junta soldada con un microscopio estereográfico digital. Adicionalmente fueron realizados ensayos metalográficos con un microscopio metalográfico invertido Karl Zeiss modelo AXIOVERT A, para evaluar las fases características en cada tipo de acero en condición de soldadura; las muestras fueron preparadas siguiendo la misma secuencia de preparación de las muestras para ensayo de macrografía.

Los ensambles soldados fueron sometidos a pruebas por ensayo en tracción en un equipo universal hidráulica, con capacidad de carga de hasta 100 toneladas, de acuerdo a norma ASTM A370-09 [22], El criterio de calidad que se detalla en [4], indica que la resistencia mecánica del ensamble soldado sometido a tracción, requiere superar el producto de 1,25 por el límite a fluencia correspondiente al grado y tipo de acero, esto es 420 MPa como el mínimo especificado para los aceros ASTM A 615 y ASTM 706 grado 60.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los parámetros eléctricos experimentales para soldeo se detallan en la Tabla 4. Cada ensamble de prueba fue soldado y evaluado por inspección visual como se aprecia en la Figura 4. En general, los resultados de

la prueba visual en los ensambles soldados, no reportaron grietas superficiales, traslapes, socavado y poros, las estructuras soldadas evidencian fusión completa entre el metal base y soldadura, con lo cual cada probeta de ensayo soldada cumple con los requerimientos de sanidad establecidos en [4].

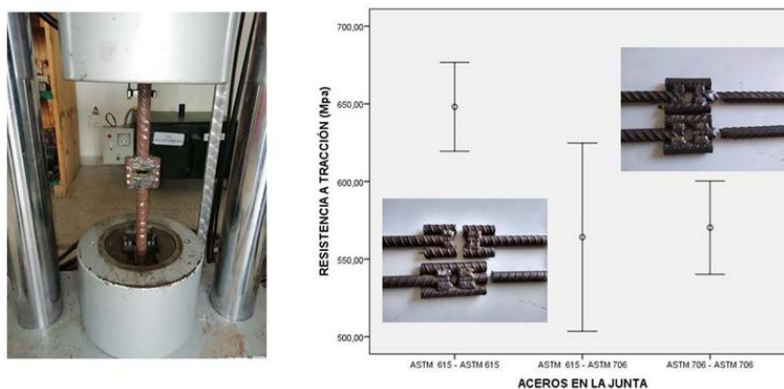
**Tabla 4.** Parámetros eléctricos de soldeo

Pase	Proceso	Metal de aporte		Corriente			Voltaje (V)
		Clase	Ø [mm]	Tipo	Polaridad	Amperaje (A)	
1 (Raíz)	SMAW	E 8010	2,4	CC	EP	90-102	20-24
2 (Relleno)	SMAW	E 8010	3,2	CC	EP	120-130	20-27
3 (Relleno)	SMAW	E 8010	3,2	CC	EP	120-135	20-27
4 (Relleno)	SMAW	E 8010	3,2	CC	EP	120-144	20-27
5 (Acabado)	SMAW	E 8010	3,2	CC	EP	120-131	18-27



**Figura 4.** Soldeo e inspección visual de los ensambles de prueba

La disposición de cada ensamble soldado en el equipo de tracción y resultados se aprecian en la Figura 5. La resistencia mecánica a tracción en las nueve probetas supera la resistencia mínima requerida (>525 Mpa), como se detalla en la Tabla 5 con lo cual ambos aceros de refuerzo soldados, cumplen con el criterio de aceptabilidad especificado en [4], en consecuencia, las especificaciones del procedimiento de soldadura fueron las adecuadas.



**Figura 5.** Disposición de las probetas para ensayo de tracción

**Tabla 5.** Propiedades mecánicas en cada ensamble en condición de soldadura

Aceros de refuerzo soldados ASTM	Resistencia en tracción (Mpa)			Límite de fluencia (Mpa)		
	1	2	3	1	2	3
A 615 con A 615	645,75	637,90	660,56	570,11	556,08	561,27
A 706 con A 706	561,49	584,07	565,20	480,24	473,10	463,06
A 615 con A 706	587,76	539,03	565,61	471,90	463,87	472,28

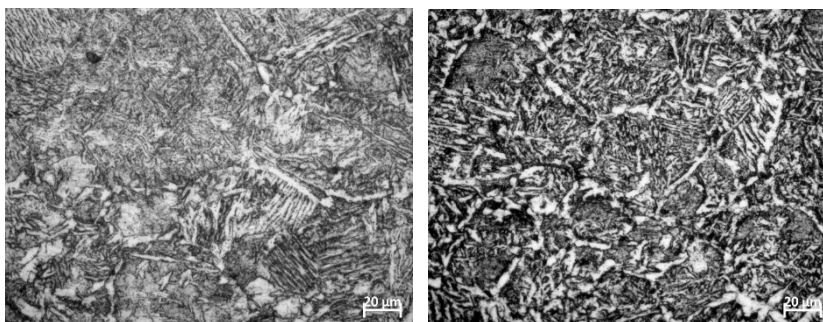
El análisis y tratamiento estadístico de los datos mediante prueba de varianza demostró que el tipo de acero de refuerzo soldado afecta de manera significativa la media de tensión a tracción y límite de fluencia ( $p < 0,05$ ). De hecho, los ensambles soldados de acero ASTM A615 presentaron mayor resistencia a la tracción respecto a los ensambles de acero ASTM 706, este hecho ocurre, probablemente por disponer en su estructura interna, mayor contenido de carbono (0,59%), generando fases cuyas estructuras son más resistentes, sin embargo, esta aparente ventaja comparativa conlleva a incrementar la posibilidad de generar fisuras en la región que es afectada por el calor. Razón por la cual se evaluó por metalografía óptica, toda la extensión de

la zona de soldadura; la distribución micro-estructural que se aprecia en la Figura 6, muestra que, si bien el crecimiento de grano es notorio en la región afectada térmicamente, no hay evidencia de fisuras en la región de soldadura impactada por el calor.



**Figura 6.** Distribución micro-estructural en la junta de soldadura del acero ASTM A 615

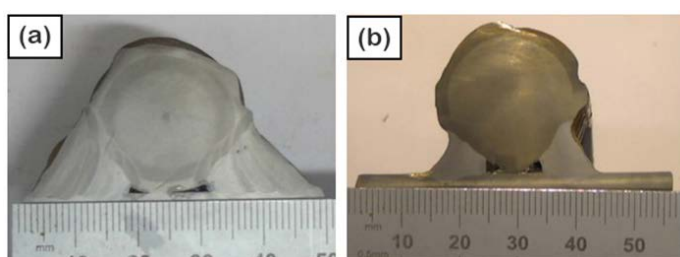
El análisis metalográfico realizado específicamente en la región afectada térmicamente, cerca del bisel fusionado, muestran cambios micro-estructurales producidos respecto al estado de suministro, por el impacto térmico para soldeo, los detalles micro-estructurales se aprecian en la Figura 7. Ambas estructuras son diferentes a las estructuras ferrítica – perlítica originales en condición de suministro, dichas estructuras fueron alteradas por el impacto térmico, es notorio el crecimiento de grano de la fase precursora austenítica, que, por enfriamiento brusco típico de soldadura, produjo transformaciones de fase aciculares bainíticas – ferríticas.



**Figura 7.** Microestructura en la zona ZAC: a) ASTM A 615, b) ASTM A 706

En el acero ASTM A 615 es mayor el carácter acicular en la zona adyacente al metal de soldadura, posiblemente por el mayor contenido de carbono en su estructura (0,375%), que condujo a aumentar el carbono equivalente (0,59%) y por tanto la templeabilidad, situación que incrementa el riesgo a la fisuración en frío como se aprecia en la Figura 7 (a), de hecho se sugiere un cuidadoso control del calor de aporte durante el procedimiento de soldeo, también se ha dicho que una buena manera de disminuir el riesgo a presencia de estructuras frágiles es a través del precalentando previo en la junta para soldeo, tal como lo señala [17], y que es corroborado por la referencia [13].

Pruebas de análisis de macrografía fueron realizadas a través de la sección transversal en cada tipo de acero soldado, de acuerdo a los requerimientos para calificación del procedimiento de soldadura para aceros de refuerzo, tal como se aprecia en la Figura 8, donde se evidencia que no hay presencia de fisuras en la región soldada, inclusive en la región que es afectada térmicamente; la fusión entre el bisel del acero y la soldadura de aporte, y entre las pasadas sucesivas fue completa, no hay traslapes y socavado, el tamaño de la soldadura fue mayor a 5 mm, con lo cual las juntas a tope en V indirecta soldadas en ranura, superan los requerimientos de calidad establecidos en la norma aplicable AWS D 1.4 [4].



**Figura 8.** Análisis de macrografía: a) Acero de refuerzo soldado ASTM A 615, b) Acero de refuerzo soldado ASTM A 706

#### 4. CONCLUSIONES

Los ensambles de aceros de refuerzo ASTM A 615 y ASTM 706 en juntas a tope indirecta con doble V ensanchado, soldados por el proceso de soldadura SMAW, sin precalentamiento y posición vertical, reportan valores de resistencia mecánica a tracción mayores a la resistencia mínima requerida, el análisis de macrografía e inspección visual no evidencian presencia de defectos, con lo cual la soldadura es la adecuada acorde a los requerimientos de aceptabilidad, bien detallados en la norma AWS D1.4.

El tipo de acero de refuerzo soldado afecta de manera significativa a la media de resistencia a tracción, el ensamble en acero para refuerzo ASTM A 615, reporta datos de resistencia a tracción, mayores respecto al acero ASTM 706.

El análisis metalográfico en la región térmicamente afectada para ambos aceros, muestra incremento en el tamaño de grano y mayor carácter acicular, con lo cual el riesgo a la fisuración en frío aumenta. Se sugiere que futuras investigaciones incluyan ensayos de tenacidad a la fractura y consideren como variable de estudio la temperatura de precalentamiento en la junta.

## REFERENCIAS

- [1] American Society for Testing and Materials. (2009). ASTM A615: Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement. American Society for Testing and Materials.
- [2] Instituto Nacional de Calidad. (2018). Norma Técnica Peruana NTP 341.031. Productos de acero. Barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado.
- [3] Instituto Nacional de Calidad. (2018). Norma Técnica Peruana NTP 339.186. Productos de acero. Barras de acero de baja aleación, soldables y corrugadas, para refuerzo de concreto armado.
- [4] American Welding Society. (2018). AWS D1.4/D1.4M: Structural Welding Code- Steel Reinforcing Bars. American Welding Society.
- [5] American Welding Society. (2020). AWS 3.0M/A3.0: Standard Welding Terms and Definitions.
- [6] Singh R. (2021). Arc Welding Processes Handbook. Scrivener Publishing.
- [7] Debroy T. y David S. (1995). Physical processes of fusion welding. *Reviews of Modern Physics* 67(1), 85-112.
- [8] Bhadeshia H. y Honeycombe R. (2017). *Steels: Microstructure and Properties*.
- [9] Koseki T. (2002). Solidification and solidification structure control of weld metals. *Welding International* 16(5), 347-365.
- [10] Boettinger W. y Banerjee D. (2014). Solidification. En *physical metallurgy*. Elsevier.
- [11] David S. et al. (2003). *Welding: Solidification and Microstructure*.
- [12] Yurioka N. (2001). Physical Metallurgy of Steel Weldability. *ISIJ International* 41(6), 566-570.
- [13] Grong O. y Matlock D. (1986). Microstructural development in mild and low-alloy steel Weld metals. *International Metals Reviews* 31, 175-196.
- [14] Zalazar M. et al. (2009). Efecto del procedimiento de soldadura sobre las propiedades de uniones soldadas de aceros microaleados para cañería. *Soldagem Insp* 14(1), 036-046.
- [15] Easterling K. (2013). *Introduction to the Physical Metallurgy of Welding*.
- [16] Abson D. y Pargeter R. (1986). Factors influencing as-deposited strength, microstructure and toughness of manual metal arc welds suitable for C-Mn steel fabrications. *International Metals Reviews* 31(4), 141-196.
- [17] International Institute of Welding. (1988). *Guide to the Light Microscope Examination of Ferritic Steel Weld Metals*. Document No. IX-1533-88.
- [18] Blackburn J. et al. (1998). An empirical strength model for low carbon alloy steel weld metal. En *Trends in Welding Research 5th International Conference*. Georgia.
- [19] Lazarte R. y Sotero A. (2007). Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero ASTM A 706 de 3/4" en junta a tope. En *8th Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica*. Cusco, Perú.
- [20] American Welding Society. (2019). *Welding handbook Vol 1. Welding and cutting science and technology*.
- [21] American Welding Society. (2022). AWS A5.5/A5.5M: Specification for low-alloy steel electrodes for shielded metal arc welding.
- [22] American Society for Testing and Materials. (2022). ASTM A370-22: Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.

# Valorización de efluentes industriales mediante la obtención de gas natural sintético: Biomasa residual agroindustrial y gases chimenea de cementera

Yuliana Quintero<sup>1</sup>

James Marín<sup>2</sup>

Luis Ríos<sup>3</sup>

*Universidad de Antioquia, Colombia*

Se presenta una de las alternativas consideradas para la mitigación del CO<sub>2</sub> en el ambiente: la conversión de este compuesto gaseoso en metano mediante la reacción de hidrogenación. En este capítulo se fabricó un nano-catalizador a partir de hidrotalcita con un 79,4% Ni como metal activo para la metanación de dos efluentes industriales: el syngas obtenido a partir de la gasificación de raquis de palma y los gases residuales de una cementera. Se evaluó la actividad catalítica para la metanación de CO<sub>2</sub> y los resultados obtenidos de los distintos efluentes industriales. El nano-catalizador fue caracterizado mediante difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, área superficial por el método de Brunauer-Emmett-Teller, temperatura programada de reducción con hidrogeno y temperatura programada de desorción de CO<sub>2</sub>. La conversión de CO<sub>2</sub> para el catalizador alcanzó un valor elevado en las temperaturas de 300-350°C. Se obtuvo una mayor conversión y selectividad para el syngas en comparación con los gases de cementera, a pesar de que este último presenta una relación de óxidos de carbono-hidrogeno casi estequiométrico y una mayor cantidad de hidrogeno añadido. Otro factor importante fue la presencia de oxígeno en el efluente de cementera que afecta la metanación. El catalizador HT-75NiR presenta unas destacadas características catalíticas y buenos resultados para la conversión de CO<sub>2</sub> a temperaturas de 250°C, bastante superiores a otros estudios presentados para este proceso. A partir de los resultados obtenidos se discuten las diferencias entre ambos efluentes industriales y se enfatiza en la necesidad de purificarlos previamente antes de la metanación. La purificación es clave para mejorar la eficiencia y obtener un producto de alta calidad en este proceso.

---

<sup>1</sup> Ingeniera Química. Contacto: [yuliana.quintero1@udea.edu.co](mailto:yuliana.quintero1@udea.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Químico y Magíster en Ingeniería Ambiental. Contacto: [gerencia@eiainstruments.com](mailto:gerencia@eiainstruments.com)

<sup>3</sup> Ingeniero Químico y Doctor en Ciencias. Contacto: [Luis.rios@udea.edu.co](mailto:Luis.rios@udea.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte del metano industrial proviene de recursos fósiles, que son fuentes no renovables y uno de los causantes de la presencia del CO<sub>2</sub> en la atmósfera que ha ido incrementando desde la revolución industrial. Ante esta situación, se buscan alternativas para satisfacer la creciente demanda energética (entre el 22% y 46% para 2060) y el desligamiento de los combustibles fósiles que provocan el incremento de CO<sub>2</sub>, conocido también por ser un gas de efecto invernadero GEI, cuyo excesivo incremento en los últimos años ha provocado el aumento de la temperatura global, el deshielo de los polos, aumento del nivel del mar o de la acidificación del mismo, entre otros [1]. Si no se revierte la actual tendencia, las consecuencias pueden ser catastróficas, y es por ello que se busca desarrollar diversos proyectos para lograr reducir las emisiones de GEI en la atmósfera y apuntar a una transición de fuentes de energía renovables más amigables con el medio ambiente [2].

En el contexto actual resulta interesante estudiar la reacción de hidrogenación de CO<sub>2</sub> para formar hidrocarburos con el fin de dar solución a las emisiones de CO<sub>2</sub>, y emplearse para la producción de un producto de valor agregado como el metano CH<sub>4</sub> usando energía solar (fotosíntesis) o energía eléctrica excedente en hidrólisis para la producción de hidrogeno reactivo para usar en la metanación [3]. El metano es una importante materia prima química y combustible para la generación de energía mediante turbina de gas, dado que es uno de los principales componentes del gas natural y por esto está bien establecida la manipulación, la infraestructura de almacenamiento y transporte de este [4].

En lo que respecta al proceso de captura tras el desarrollo de combustión que ocurre en plantas energéticas y otros emisores contaminantes, el CO<sub>2</sub> es separado del gas de escape, compuesto habitualmente por N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Este CO<sub>2</sub> es almacenado en el océano profundo o bajo tierra en formaciones geológicas, lo radica en un problema en el que el CO<sub>2</sub> debe ser químicamente inerte con las rocas geológicas, en presencia de agua y durante un largo periodo de tiempo, por lo que no queda exenta de una potencial fuga hacia la atmósfera tras su almacenamiento [5-6].

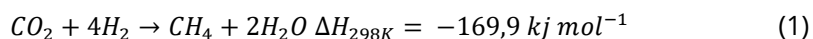
Muchos procesos industriales emiten CO<sub>2</sub> a través del consumo de combustibles fósiles o a través de reacciones químicas sin combustibles, entre estas se encuentra la producción y consumo de productos minerales como el cemento. El cemento resulta de calcinar hasta una fusión parcial a una temperatura de 1450°C por un proceso de síntesis en estado sólido, mezclas homogéneas de caliza y arcilla del cual se obtiene el Clinker, constituido principalmente por silicatos y aluminatos anhidros de calcio, que se muelen con yeso para obtener finalmente el cemento, lo que lleva a que este proceso de síntesis en estado sólido a alta temperatura genere entre el 5 al 7% de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera [7]. Por lo que, con la actual atención puesta en la sostenibilidad, es necesario evaluar adecuadamente el impacto medioambiental de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria cementera, la cual produce por cada tonelada de cemento un total de 0,62 a 0,97 toneladas de CO<sub>2</sub> [8].

Los gases emitidos por la industria cementera esta principalmente constituido por dióxido de carbono, óxidos nitrosos NO<sub>x</sub>, oxígeno y dióxido de azufre SO<sub>2</sub>, siendo el principal componente el CO<sub>2</sub> que es producido por un proceso llamado calcinación y el otro es cuando se produce la quema de carbón o combustible. Existen alternativas viables para el uso de estos gases residuales, entre estas se encuentra la producción de biocombustibles y materias primas alternativas. La demanda de cemento en los países industrializados esta aumentado lentamente, pero en los países desarrollados aumentó un 55% en la década de 1990 [8]. Por tales motivos, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a dicho crecimiento en la producción de cemento se deben alinear con los esfuerzos para reducir los efectos de GEI y buscar formas de emitir menos CO<sub>2</sub>.

Por otro lado, el syngas producido por la gasificación de biomasa se ha utilizado recientemente en la búsqueda de sustituir el carbón como materia prima de este proceso, hoy en día se investiga el empleo de biomasa y de residuos como materiales de gasificación, para buscar mejores beneficios ambientales en comparación con los combustibles fósiles [9]. El uso de biomasa para sustituir los combustibles fósiles puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que el CO<sub>2</sub> producido cuando se gasifica biomasa es compensado por el consumo de CO<sub>2</sub> que requiere la biomasa durante su crecimiento,

resultando en un balance neto de cero emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera. Esta biomasa que proviene de productos como la madera, residuos agrícolas o componentes orgánicos que poseen elementalmente carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y azufre. Los gases provenientes de la gasificación de biomasa este compuesto por CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, entre otros.

La reacción de metanación de CO<sub>2</sub>, también llamada reacción de Sabatier (Ecuación (1)), es una reacción catalítica exotérmica, llevada a cabo generalmente a altas presiones y temperaturas, en el interior de un reactor que permita obtener un perfil isotérmico para un adecuado control de la temperatura de operación. Y aunque este proceso es termodinámicamente favorable, existen limitaciones cinéticas significativas para reducir el carbono totalmente oxidado a metano [10].



Por esto se implementan catalizadores que promuevan la metanación de CO<sub>2</sub>. Los catalizadores están formados generalmente por un metal de transición del grupo VIII, tales como Ru, Rh, Pd y Ni ya que son conocidos por ser activos en esta reacción [11] [12], siendo estos catalizadores metálicos dispersados en soportes de óxido metálico tales como Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, zeolitas y TiO<sub>2</sub> [11]. El metal de transición cumple la función de capturar el hidrogeno y transferirlo al CO<sub>2</sub> para obtener el metano. Por otro lado, el soporte además de cumplir una función de dispersar el metal también captura al CO<sub>2</sub> cuando la ruta de metanación se da por asociación del CO<sub>2</sub>, obteniendo intermediarios tipo formiato, carboxil entre otros, para finalmente obtener el metano [13].

Los catalizadores Ni/hidrotalcita presentan una buena actividad catalítica en el CO<sub>2</sub>, debido a sus buenas características estructurales que confinan el Ni en un espacio fijo y proporcionan una gran superficie para una alta dispersión del metal activo, esto gracias su característica de mesoporosidad [14]. La idea de mejorar la conversión y selectividad en el proceso de metanación por medio de un catalizador de Ni/hidrotalcita ayuda en el proceso de energía renovable, ya que el metano se genera a partir de hidrogeno verde mediante el proceso *power to gas*, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por lo que el catalizador Ni/hidrotalcita debe ser óptimo para el proceso, cumpliendo que sea activo, es decir, que tenga alta conversión de CO<sub>2</sub>, que sea selectivo hacia metano y que sea un catalizador estable. El catalizador denominado HT-75Ni evaluado a velocidades espaciales del gas (GHSV) de 5000-10000 h<sup>-1</sup> y temperaturas entre 250-350°C, fue obtenido a pH 9,6-12 con tiempo prolongado de envejecimiento (18-48 h) sin calcinación de aire, sino que una vez se secó a 110°C se procedió a su etapa de activación a 550°C con H<sub>2</sub> puro durante 1 h. Este catalizador presenta un proceso optimo [14], por lo cual es ideal para la evaluación de los efluentes industriales a tratar (syngas de biomasa y gases residuales de cementera) y conocer los resultados de conversión y selectividad en ambos escenarios en donde no se agrega hidrogeno a los gases provenientes de syngas y en el caso de los gases residuales de cementera no purificados.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Síntesis de catalizador

Los catalizadores empleados en el trabajo fueron el catalizados comercial de níquel CRG-LHR y el catalizador HT-75Ni ya que presenta unas destacadas características catalíticas [14]. Para la síntesis del catalizador (HT-75Ni) se utilizó el método de co-precipitación en donde se obtuvo el catalizador denominado como hidrotalcita cristalina (HT-75Ni). En el método de co-precipitación descrito en [14], se tuvo un pH constante (9,5-10) en donde se utilizaron dos soluciones acuosas, una solución de hidróxido de sodio de concentración 1 Molar (>99% Sigma Aldrich) y la segunda solución contiene nitratos mixtos de los metales divalentes (Ni (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O, Mg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O) y trivalente (Al (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> · 9H<sub>2</sub>O > 98.0% Panreac).

Estas dos soluciones fueron agregadas gota a gota en un matraz que contiene una solución buffer de bicarbonato de sodio de concentración 1 Molar (>99,5%, Merck), junto con una agitación vigorosa y a temperatura ambiente. Luego de terminar el goteo, para el envejecimiento, la mezcla se agito durante 4



horas más, después se dejó reposar toda la noche, para así decantarse y separarse. Posteriormente, se centrifugo a 5000 RPM por 4 min el catalizador precipitado, se lavó con agua destilada hasta pH neutro y se llevó a mufla por 8 h para su secado a 110°C.

## 2.2 Caracterización de catalizadores

Los contenidos de Mg, Al y Ni en el catalizador se determinaron mediante fluorescencia de rayos X XRF utilizando un equipo Marca Rigaku – Supermini200 equipado con tubos de alta potencia (200W). Los patrones de difracción de rayos X XRD se llevaron a cabo en un difractorímetro Rigaku con fuente de radiación Cu-K $\alpha$  operada a 40 kV, los diagramas se registraron a temperatura ambiente dentro de un rango de  $2\theta$  entre 10°C a 80°C. Los valores  $a$  (distancia intercatiónica) y  $c$  (distancia interlaminar) de cada muestra se pueden calcular a partir de los patrones de difracción [15]. El parámetro  $a$  de una hidrotalcita corresponde a la distancia catión-catión y se calculó como  $a = 2 \times d_{110}$  ( $2\theta = 11^\circ\text{C}$ ). Por otro lado, el parámetro  $c$  está relacionado con la distancia entre capas y se obtuvo con  $c = 3 \times d_{003}$  ( $2\theta = 61^\circ\text{C}$ ). El tamaño de los cristallitos se estimó de acuerdo con la ecuación (2), que es apropiada para tamaños de cristal de 3 a 200 nm [16].

$$\tau = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

En esta ecuación,  $\tau$  es el tamaño medio de los cristallitos,  $K$  es un factor de forma adimensional (se usó un valor de 0,89),  $\lambda$  es la longitud de onda de los rayos X (0,1542 nm),  $\beta$  es el ancho a la mitad de la intensidad máxima y  $\theta$  es el ángulo de Bragg. Por otra parte, las áreas superficiales específicas se analizaron mediante el método Brunauer-Emmett-Teller BET con un Micromeritics Gemini V automático a -196°C. Cada catalizador probado se trató con flujo de N<sub>2</sub> a 350°C durante 1 h para eliminar las impurezas y el agua antes de la medición [17]. El volumen de poro total  $V_p$  se calculó a partir de la cantidad de nitrógeno absorbido a una  $P/P_0$  de 0,99 y el tamaño de poro del catalizador se extrajo de la rama de desorción con el método de Barrett-Joyner-Halenda BJH.

Los análisis de temperatura programa de reducción con hidrogeno H<sub>2</sub>-TPR y temperatura programada de desorción de CO<sub>2</sub> CO<sub>2</sub>-TPD, se llevaron a cabo en un tubo de cuarzo equipado con un detector de conductividad térmica TCD utilizando un AutoChem II 2920. Para H<sub>2</sub>-TPR, al principio se purgó el catalizador con N<sub>2</sub> puro a 200°C durante 30 min para eliminar las impurezas. Después de enfriar a 50°C, se cambió el 10 % de H<sub>2</sub>/Ar y se calentó a 1000°C a una velocidad de calentamiento de 10°C min<sup>-1</sup>. La señal TPR se registró simultáneamente a medida que aumentaba la temperatura [14]. Para CO<sub>2</sub>-TPD, el catalizador se redujo a 550°C durante 1 h en H<sub>2</sub> puro.

Después de enfriar a 30°C el catalizador se purgó con un flujo de Ar durante 30 min para eliminar impurezas. Posteriormente, se cambió el CO<sub>2</sub> durante 30 minutos y luego el catalizador se mantuvo en un flujo de He durante 30 minutos para barrer el CO<sub>2</sub> débilmente adsorbido. Finalmente, la temperatura se incrementó a 500°C a una velocidad de calentamiento de 10°C min<sup>-1</sup> mientras se registraba la señal TCD [18- 19].

## 2.3 Pruebas catalíticas

El rendimiento catalítico se evaluó en un reactor de lecho fijo de acero inoxidable (diámetro interior de 8 mm, longitud de 100 mm) a presión atmosférica. Previamente, el catalizador se redujo en H<sub>2</sub> con una rampa de 10°C/min a 550°C durante 1 h en un tubo de cuarzo. El polvo preparado se peletizó, pulverizo y tamizo por una malla 18-35, de lo que se empaquetaron 4.5 cm<sup>3</sup> de catalizador entre capas de lana de cuarzo. La metanación de CO<sub>2</sub> y CO se llevó a cabo en el rango de temperatura de 250–350°C con GHSV (velocidad espacial horaria del gas) de 5000 h<sup>-1</sup> y 10000 h<sup>-1</sup>. La relación molar en el escenario del syngas H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>+CO fue de 1,06, el segundo escenario para el gas de chimenea la relación molar H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> fue de 3,7, esto con caudales totales de 375 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> y 750 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>.

El agua producida se condensó y el flujo de gases permanentes se midió con un Drycal Definer 220 y se analizó con un cromatógrafo de gases Agilent 6890N equipado con un detector de conductividad térmica TCD e instalado con columnas Carbonplot y HP-Molesieve. Para la conversión de CO<sub>2</sub> se utilizó la ecuación

(3), para la selectividad de metano la ecuación (4), para el rendimiento de metano la ecuación (5) y para la conversión de óxidos de carbono la ecuación (6).

$$X_{CO_2}(\%) = \frac{F_{CO_2,in} - F_{CO_2,out}}{F_{CO_2,in}} * 100 \quad (3)$$

$$S_{CH_4}(\%) = \frac{F_{CH_4,out}}{F_{CH_4,out} + F_{CO,out}} * 100 \quad (4)$$

$$Y_{CH_4}(\%) = X_{CO_2} * S_{CH_4} * 100 \quad (5)$$

$$X_{CO_2,CO}(\%) = \frac{F_{CO_2,in} + F_{CO,in} - F_{CO_2,out} - F_{CO,out}}{F_{CO_2,in} + F_{CO,in}} \quad (6)$$

Donde  $F_{CO_2}$  representa el flujo molar de  $CO_2$  a la entrada o salida,  $F_{CH_4}$  representa el flujo molar de  $CH_4$  a la salida y  $F_{CO}$  representa el flujo molar de  $CO$  a la salida.

## 2.4 Preparación gases de alimentación

Se realiza la metanación para dos tipos de efluentes industriales, un efluente proveniente de la industria cementera y los obtenidos por gasificación de biomasa. Los gases industriales de cementera poseen nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono, además que este tipo de efluente posee material particulado,  $SO_2$  y  $NO_x$ . Este efluente no pasa por un tren de limpieza, sino que se agrega directamente al proceso de metanación, agregando, además, hidrogeno. Del efluente de la gasificación de biomasa residual, los gases obtenidos,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $H_2S$ ,  $COS$  y  $NH_3$ , pasan a través de un tren de limpieza, quedando el syngas  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  y  $H_2$ . Estos gases son obtenidos a partir de la gasificación de raquis de palma, utilizando un reactor de lecho fluidizado que opera con temperatura constante de  $800^\circ C$  y lecho catalítico de olivino.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Caracterización de las hidrotalcitas

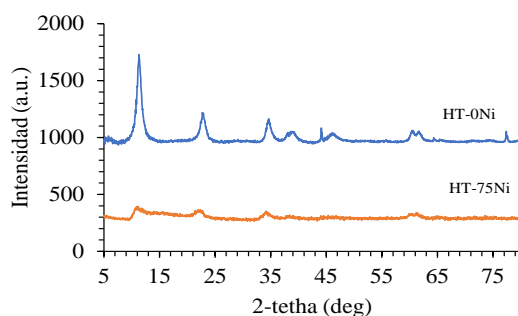
Los análisis XRF, que se muestran en la Tabla 1, arrojan un contenido de níquel esperado según los cálculos realizados. Además, se presentan los parámetros XRD calculados ( $a$  y  $c$ ). Los tamaños de cristalitas de  $Ni^0$  y  $NiO$  se determinaron a  $2\theta = 37^\circ C$  y  $2\theta = 43^\circ C$  respectivamente con la ecuación de Scherrer [20-21]. El resultado indica que el tamaño de los cristalitas de  $Ni$  es nanometrico siendo inferior a 10 nm.

**Tabla 1** Contenido de metal (obtenido) del catalizador y tamaño de cristallito de  $Ni$ .

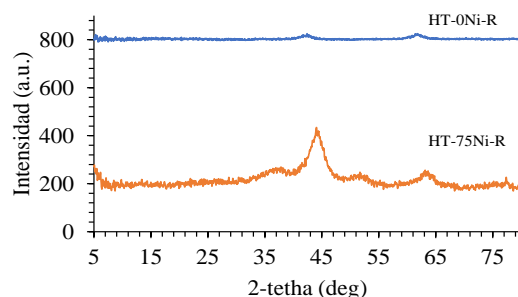
Muestra							Tamaño de partícula (nm)		
	Al %	Mg %	Ni %	(Mg+Ni)/Al	Mg/Al	$a$ (Å)	$c$ (Å)	NiO	$Ni^0$
HT-0	28,7	70,8	0	2,8	2,8	3,05	24,69	0	0
HT-75Ni	12,8	7,67	79,4	3,4	0,7	3,07	26,6	3,32	2,98

En las Figuras 1 y 2 se muestran los difractogramas de rayos X del material para la hidrotalcita fresca y la hidrotalcita reducida, respectivamente. El material sintetizado muestra una estructura cristalina identificada como hidrotalcita, con las señales características a  $11,4^\circ C$ ,  $22,9^\circ C$ ,  $34,8^\circ C$ ,  $39,0^\circ C$ ,  $46,2^\circ C$ ,  $61,3^\circ C$ ,  $62,63^\circ C$  y  $65,40^\circ C$ , correspondientes a los planos (003), (006), (012), (015), (018), (110), (113) y (116), respectivamente, propios de la estructura hidrotalcita en capas romboédricas [22-24]. Las señales a  $2\theta = 35,3^\circ C$ ,  $40,5^\circ C$  y  $63^\circ C$  reflejan una estructura típica tipo periclase  $MgO$  [15]; la intensidad disminuye al reducirse la cantidad de magnesio en el catalizador mientras aumenta el níquel, indicando una estructura más desordenada o una disminución en la cristalinidad.

Después de la calcinación reductora, la estructura laminar desaparece, como lo indica la ausencia de los planos (003) y (006), lo que indica desorden en el apilamiento de las capas [17]. Adicionalmente, se observó la fase  $NiO$  a  $37^\circ C$  (plano 111). Las otras señales a  $44^\circ C$  y  $62^\circ C$ , corresponden a óxidos formados por el tratamiento reductor, tales como  $Al_2O_3$ ,  $NiAl_2O_4$  y  $NiO$  [19, 23, 24], exhibiendo una estructura similar a la periclase de óxido mixto [19].



**Figura 1.** Patrones de difracción de rayos X de las hidrotalcitas frescas



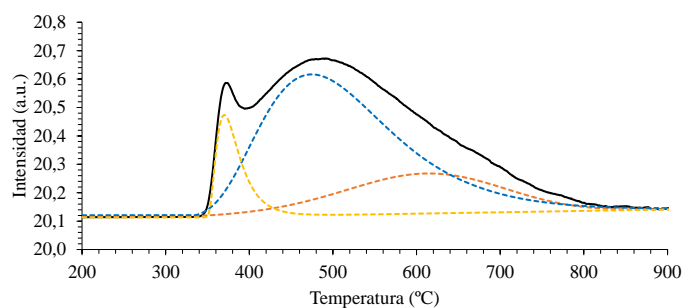
**Figura 2.** Patrones de difracción de rayos X de las hidrotalcitas reducidas

La isoterma de adsorción/desorción de nitrógeno de la hidrotalcita corresponden a la isoterma de tipo IV, que son típicas de los materiales mesoporosos y en forma de hendidura que contienen poros de 2-50 nm de ancho [25]. El catalizador exhibió histéresis de tipo H3 cristalina con poros en forma de hendidura. Este tipo de histéresis se encuentra generalmente en sólidos que consisten en agregados o aglomerados de partículas (placas o partículas con aristas cúbicas), con tamaño y/o formas no uniformes [26] [27]. El área superficial BET del catalizador se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2** Propiedades texturales por área BET para las hidrotalcitas sintetizadas

Muestra	Área BET (m <sup>2</sup> /g)	Volumen de poro (cm <sup>3</sup> /g)	Tamaño de poro (nm)
HT-0Ni	120,7	0,5	15,1
HT-75Ni	235,7	0,5	7,9

El alto valor de área se debe al suave proceso de reducción térmica aplicado (550°C durante 1 h) [28]. El área superficial del catalizador cristalino HT-75Ni, presenta una mayor área superficial que un catalizador con menor cantidad de níquel, esto debido a que la ausencia de Ni genera menor área superficial en los catalizadores cristalinos [14]. El resultado de H<sub>2</sub>-TPR para la hidrotalcita fresca cristalina se presenta en la Figura 3.



**Figura 3** Perfil TPR-H<sub>2</sub> de la hidrotalcita sintetizada

Para este tipo de hidrotalcita, los picos asimétricos anchos se sitúan entre 250°C y 900°C, que surgen de la reducción de especies de óxido de níquel a níquel metálico (Ni<sup>0</sup>). El primer pico de consumo de hidrógeno (330-450°C) puede asignarse a la reducción del óxido de níquel que interactúa débilmente con Mg (Al)O, denominado como α-Ni. El segundo pico (350-750°C), denominado β-Ni, se puede asignar al óxido de níquel con interacción media con su entorno, como resultado de la existencia de una solución en fase sólida

térmicamente estable de óxidos mixtos Mg (Ni, Al) O. El tercer pico (370-900°C), a la temperatura más alta, se debe a especies de Ni que interactúan fuertemente con su entorno, como son NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, y se conocen como Y-NiO [20, 29].

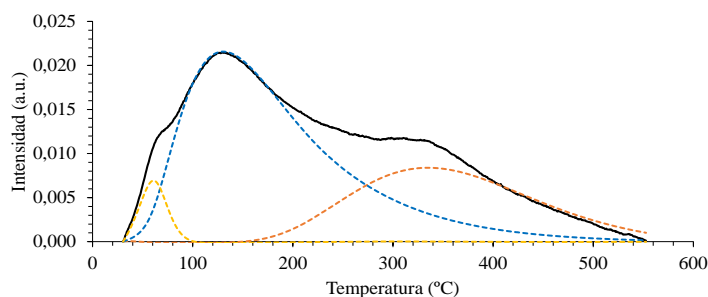
El resultado concuerda con los informes de la literatura, donde se encontró que la incorporación de mayores cantidades de níquel en materiales derivados de hidrotalcita desplazó los picos de reducción hacia una temperatura más baja, aumentando la reducibilidad [15]. Los picos de temperaturas mayores observados indican la mayor interacción con el soporte (MgO y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) exhibida por las especies de Y-NiO antes mencionadas. De acuerdo con la información, los sitios de reducción se clasificaron en tres categorías: sitios débiles a 330-450°C, sitios medios a 350-750°C y sitios fuertes a 370-900°C, los valores obtenidos de la reducción para la hidrotalcita se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Valor total de reducción para la hidrotalcita sintetizada.

Catalizador	Débil (%)	Medio (%)	Fuerte (%)	Total (μmolH <sub>2</sub> /g)
HT-75Ni	9	68	22	4,72

Cabe destacar que los perfiles de TPR informados de Ni-hidrotalcitas generalmente no muestran picos por debajo de los 400°C, porque los materiales generalmente se calcinan a altas temperaturas (800-900°C) y esto conduce a fuertes interacciones Ni-soporte. En nuestro caso, el tratamiento reductor de un solo paso a temperatura leve (550°C) no condujo a esa fuerte interacción y las partículas de Ni reducidas están relativamente libres.

Se podría pensar que la alcalinidad del catalizador juega un papel importante en la reacción de metanación, ya que favorece la adsorción de CO<sub>2</sub> en los sitios básicos superficiales. En general, la basicidad de una hidrotalcita se ve influenciada por la composición del precursor prístino de hidrotalcita (tanto los cationes en capas similares a la brucita como el tipo de aniones presentes en el espacio entre capas) [30, 31]. El perfil de CO<sub>2</sub>-TPD registrado de la hidrotalcita reducida se muestra en la Figura 4. El catalizador exhibió tres picos de desorción de CO<sub>2</sub>: sitio básico débil (30-100°C) que se atribuye a la desorción de CO<sub>2</sub> de grupos OH de Brønsted débiles, sitio básico medio (35- 315°C) que se atribuye a los carbonos bidentados formados en pares metal-oxígeno, y sitio básico fuerte (180-550°C) que se atribuye al dióxido de carbono enlazado con aniones de oxígeno de baja coordinación [15, 19].



**Figura 4.** Perfil TPD-CO<sub>2</sub> de la hidrotalcita

En la Tabla 4 se muestra en detalle la alcalinidad total de la hidrotalcita HT-75Ni-R. Se obtuvo significativamente un alto valor de alcalinidad para la hidrotalcita, lo que indica que la introducción de Ni a la hidrotalcita por sustitución isomórfica (co-precipitación) mejora notablemente la basicidad superficial del catalizador en comparación con otros reportados en la literatura [14]. Se destaca además que, antes de la introducción de níquel, el catalizador sin Ni tiene un valor de alcalinidad significativo que se atribuye al desequilibrio de carga entre los cationes de Mg-Al presentes en la estructura de la hidrotalcita. Sin embargo, tomando como referencia este catalizador sin Ni con la versión de la hidrotalcita HT-75Ni-R, la introducción de altas cantidades de Ni aumenta notablemente la alcalinidad. Al acoplar esta observación con los resultados de la técnica de reducción programada de temperatura TPR, se puede concluir que el Ni reducido con una interacción baja con el soporte induce una alcalinidad adicional de tipo débil y media. Estos sitios activos de carácter básico desempeñan un papel clave en la reacción de metanación al promover la adsorción de las moléculas reactivas y la formación de los enlaces carbono-hidrogeno. Estos resultados están de acuerdo con informes anteriores presentados por otros autores [15, 19, 32].

**Tabla 4.** Valores de alcalinidad para la hidrotalcita sintetizada reducida

Catalizador	Débil* (%)	Medio** (%)	Fuerte*** (%)	Total ( $\mu\text{molCO}_2/\text{g}$ )
HT-0Ni-R	8	30	63	139
HT-75Ni-R	3	72	25	159

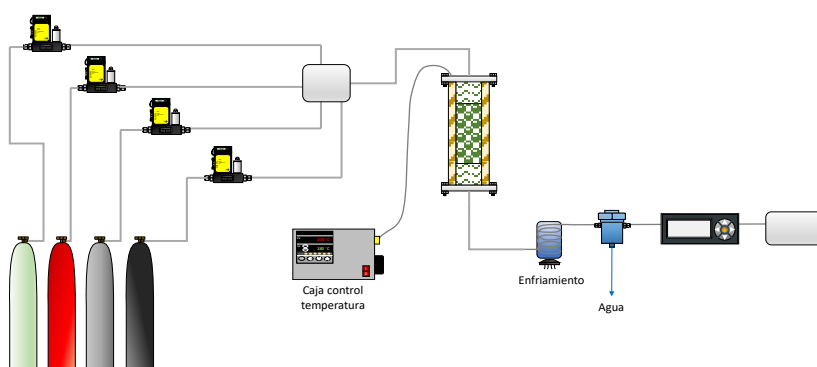
\*Débil: <100°C

\*\*Medio: 100-250°C

\*\*\*Fuerte: >250°C

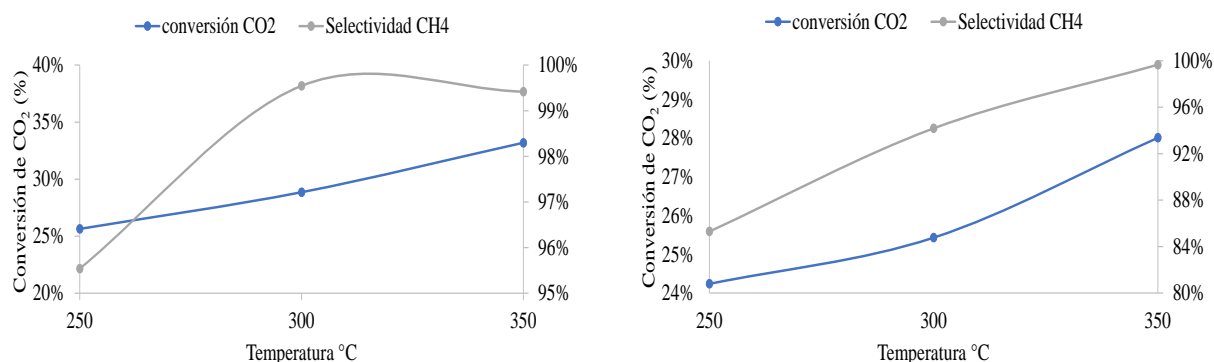
### 3.2 Actividad catalítica de la metanación

La conversión de  $\text{CO}_2$  para los experimentos de los dos tipos de efluentes industriales que se agregaron al proceso de metanación (Figura 5). El catalizador HT-75Ni al contener una buena cantidad de Ni fue bastante activo a temperaturas superiores a 350°C. Como se esperaba de la termodinámica de esta reacción, la conversión de  $\text{CO}_2$  disminuyó ligeramente con la temperatura, pero destaca la alta actividad obtenida a bajas temperaturas con la hidrotalcita sintetizada por el método de co-precipitación y se correlaciona con las buenas propiedades catalíticas de alta área superficial, tamaño de cristales de  $\text{Ni}^0$  y alcalinidad.



**Figura 5.** Esquema proceso de metanación

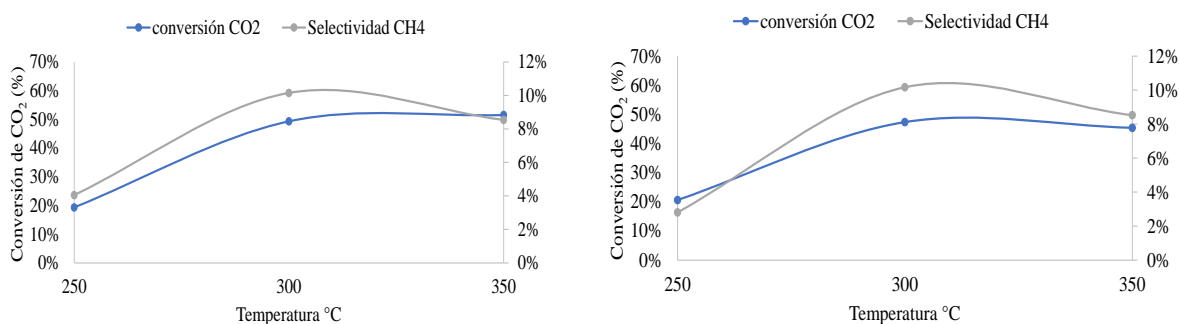
El efluente de syngas, sin adición de hidrogeno no más del que este posee, mostro que al aumentar la influencia del Gas Hourly Space Velocity GHSV hay una leve disminución en la conversión, pero este factor no obtuvo un impacto significativo en el rendimiento hacia metano. Por otro lado, la temperatura demostró ser un elemento crítico y determinante en la conversión hacia la producción de metano. Los resultados para el syngas enfatizan la importancia de controlar adecuadamente la temperatura durante el proceso de metanación para optimizar el rendimiento del catalizador, además, de obtener buenos resultados en conversión de  $\text{CO}_2$  (mayores del 70%) y selectividad de metano (superiores del 90%) sin adiciones extras de hidrogeno al syngas producido por la gasificación. Como se mencionó anteriormente, los resultados TPR mostraron que la cantidad de Ni reducido originado por la reducción a 550°C, se correlaciona con la actividad catalítica, por lo que tiene un gran efecto en la metanación, tal como se observada en la Figura 6.



**Figura 6.** a) Conversión de  $\text{CO}_2$  y selectividad hacia metano con  $\text{GHSV}=5000 \text{ h}^{-1}$ , y b) Conversión de  $\text{CO}_2$  y selectividad hacia metano con  $\text{GHSV}= 10000 \text{ h}^{-1}$  para el efluente de syngas

El efluente o gases residuales de la cementera son agregados al reactor de metanación sin una purificación previa de los gases, lo que significa que se introdujeron tal como se obtienen tras su captura en la industria

cementera, con una composición que incluye gases inertes como el N<sub>2</sub> y gases que afectan la metanación como el O<sub>2</sub>. Además de no realizarse una purificación, se le adicionó hidrógeno al efluente para que se generará la metanación. En este efluente, se observa que el aumento de GHSV produce un ligero cambio en la conversión y selectividad, pero no es un factor significativo como lo es la temperatura. La Figura 7 muestra que la selectividad hacia el metano es mucho menor en comparación con la de syngas (entre el 2 y 10%), y de igual manera, la conversión de CO<sub>2</sub> es mucho menor (entre el 19 y 50%), a pesar de tener una mayor cantidad de hidrogeno. Esto se explica por la preferencia del hidrógeno de reaccionar con el oxígeno presente en el efluente de la cementera.



**Figura 7.** a) Conversión de CO<sub>2</sub> y selectividad hacia metano con GHSV=5000 h<sup>-1</sup>, y b) Conversión de CO<sub>2</sub> y selectividad hacia metano con GHSV= 10000 h<sup>-1</sup> para el efluente de cementera

Estos resultados enfatizan la importancia de realizar una purificación de este tipo de gases, ya que generan interferencias en la reacción de metanación, lo que se convierte en un aspecto crítico para lograr una conversión eficiente en el proceso. Se destaca la necesidad de eliminar los gases que puedan interferir, como el O<sub>2</sub> para optimizar la eficiencia del catalizador. Se observan buenas conversiones y selectividad con el catalizador HT-75Ni, además de una buena actividad en la hidrotalcita cristalina. La cantidad de Ni reducido juega un papel importante al igual que el tamaño de partícula del Ni<sup>0</sup>, que además permite tener mayor conversión a menores temperaturas y flujos más altos (GHSV= 10000 h<sup>-1</sup>).

En la Tabla 5 se muestran algunos trabajos realizados considerando el objetivo de desarrollar catalizadores para la metanación con altas actividades a temperaturas bajas, esto sumado a la diferencia existente en los gases utilizados para el proceso de metanación.

**Tabla 5.** Comparativo de catalizadores y tipo de gases para su desempeño en el proceso de metanación de CO<sub>2</sub>

Artículos	Catalizador	Gas	Temperatura	Relación H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> -CO	GHSV	Conversión Selectividad
[33]	Hidrotalcita de Ni-Al (Al/(Al+Ni) = 0,25 con carga teórica 75% en peso de NiO)	Mezcla gases: H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub>	270-390°C	Variable	40000 y 60000 h <sup>-1</sup>	conversiones altas.
[34]	Ni/ZSM-5, Ni/SBA-15, Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Ni/SiO <sub>2</sub> y catalizadores Ni/MCM-41	Mezcla gases: 4% CO <sub>2</sub> , 16% H <sub>2</sub> y 80% Ar	200-450°C	H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> =4:1	2400 h <sup>-1</sup>	Conversión CO <sub>2</sub> : 5-75% y Selectividad CH <sub>4</sub> : 5-70%
[35]	3% Ru/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y 20% Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mezcla gases: 6% CO <sub>2</sub> , 30% H <sub>2</sub> , 64% N <sub>2</sub>	250-500°C	--	15000 y 55000 h <sup>-1</sup>	Rendimiento: 96% con 3% Ru/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y rendimiento: 80% con 20% Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Conversión CO <sub>2</sub> alta
[36]	Catalizadores Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mezcla gases: CO, H <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> Relación molar 3:1:1	100-600°C.	H <sub>2</sub> /CO 3:1	30000 h <sup>-1</sup>	Selectividad CH <sub>4</sub> : 96,5 % y conversión CO: 100%

Se han empleado habitualmente catalizadores heterogéneos basados en metales de transición del grupo VIII. Entre estos, tal como se afirma en [35], se ha determinado que el catalizador 3% Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es excelente

para la metanación de  $\text{CO}_2$  ya que se obtuvo en una mezcla de gases de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{N}_2$  un rendimiento del 96 % sin coproducción de  $\text{CO}$ , en comparación con uno de 20%  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  a la temperatura de  $300^\circ\text{C}$ . Aunque se haya demostrado que el catalizador con  $\text{Ru}$  tenga mejor rendimiento, los catalizadores de  $\text{Ni}$  han tenido mayor interés debido a que su precio es comparativamente más económico y con buenos resultados de rendimiento [37].

En los otros estudios realizados, se ha utilizado catalizadores de  $\text{Ni}$  debido a que presenta buenas características y buen precio. Sin embargo, el  $\text{Ni}$  debe ser adicionado a un segundo metal o promotor debido a la deposición de carbono, la sinterización de la formación de partículas de  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  y el envenenamiento severo por azufre durante la producción de GNS [37]. Tal como se realiza en [33], se utilizó un catalizador derivado de hidrotalcita de  $\text{Ni}/\text{Al}$  para diferentes condiciones de funcionamiento con una alimentación de gases de  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$  comprimidos en cilindros para luego ser mezclado utilizando controladores electrónicos, en este caso, se observó que en un periodo inicial de estabilidad rápida con una reducción del rendimiento de  $\text{CH}_4$  de entre 0,5-0,4, obtenido conversiones de  $\text{CO}_2$  altas.

Por otro lado, los catalizadores  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  muestran una conversión de  $\text{CO}$  del 100% y alcanzando un rendimiento del 96,5% a temperatura de  $350^\circ\text{C}$  para una mezcla de gases de  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{N}_2$ . De estos resultados se muestra comparativamente que el catalizador HT-75Ni presenta alta conversión y selectividad en casos donde los efluentes son purificados [14]. En el caso donde los gases no presentan este tipo de purificación se ve una reducción en los resultados principales de la metanación, a pesar de tener condiciones similares y un óptimo catalizador para la conversión eficiente del proceso de metanación.

#### 4. CONCLUSIONES

Varios autores han realizado procesos de metanación en escenarios ideales, donde solo se consideran los gases para la metanación o se realiza una purificación del efluente. Por lo tanto, hay poca información disponible sobre estudios que evalúen los efluentes sin purificación para el proceso de metanación. En el capítulo, se han obtenido resultados para diferentes temperaturas, en donde se muestran los efectos de la presencia de oxígeno, nitrógeno y la mezcla de  $\text{CO}$  con  $\text{CO}_2$ , mostrando mejor comportamiento a una temperatura de  $300^\circ\text{C}$  en ambos tipos de efluentes industriales tratados.

Esto sugiere que, desde una perspectiva energética, podría ser preferible obtener resultados de conversión de  $\text{CO}_2$  y selectividad de metano a esta temperatura. Sin embargo, sería necesario evaluar la eficiencia en este escenario, ya que se obtiene un porcentaje menor de conversión y selectividad en comparación con la temperatura de  $350^\circ\text{C}$ . Entre las variables evaluadas, se ha observado que la temperatura tiene un mayor efecto en la selectividad y conversión, mientras que el GHSV (velocidad espacial horaria del gas) presenta una menor incidencia en la variable de respuesta.

Al comparar la composición de la alimentación de  $\text{CO}_2$ - $\text{CO}$  con hidrogeno del efluente de syngas frente a los gases de una cementera, se ha observado una mayor conversión y selectividad en el primer caso. A pesar de que la composición no es estequiométrica en el efluente de syngas, a diferencia de los gases residuales de la cementera, esto se debe a la presencia de oxígeno en este gas. El syngas producido mediante la gasificación de raquis de palma, que tiene un alto contenido de hidrogeno, ha mostrado buenos resultados sin agregar hidrogeno adicional. Por lo tanto, se puede considerar una excelente fuente para la generación de energías alternativas, ya que los resultados muestran una selectividad de metano superiores al 90% y conversiones de  $\text{CO}_2$ - $\text{CO}$  superiores del 70%.

Por otro lado, en el caso de los gases residuales de cementera, se ha observado que la conversión y selectividad son considerablemente menores en comparación con el efluente de syngas, a pesar de tener una mayor cantidad de hidrogeno añadido. Esto se debe a la presencia de oxígeno presente y a la preferencia del hidrogeno por reaccionar con el mismo. Cuando se opta por purificar totalmente el efluente, eliminando gases como el nitrógeno y el oxígeno, se llegan a obtener conversiones y selectividades más altas evaluando el mismo catalizador (HT-75 Ni), como se observó en anteriores estudios [14]. Por lo tanto, la limpieza y purificación de los efluentes industriales es un aspecto esencial para obtener mejores resultados en la reacción de metanación.

Se logró obtener un buen catalizador de laboratorio para los efluentes de syngas y cementera, en donde se logra con éxito un catalizador de Ni basado en hidrotalcita activo a menores temperaturas, con un enfoque más simple en la etapa de síntesis y de pre-acondicionamiento, alcanzando un buen rendimiento de metanación frente a otros resultados obtenidos por otros autores. Este catalizador fue sometido a un tiempo reducido de añejamiento y no se calcino en aire, si no que una vez se secó a 110°C se procedió a su reducción a 550°C por 1 hora en hidrogeno puro, lo que denominamos calcinación reductiva, obteniendo un catalizador listo para caracterizar y ser evaluado en la metanación de CO<sub>2</sub>.

### **Reconocimientos**

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado MINCIENCIAS y el fondo Francisco José de Caldas en el marco de la Convocatoria para el apoyo a proyectos de I+D+I que contribuyan a resolver los desafíos establecidos en la misión *Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo*, Área Estratégica Energía. Contrato No. 80740-098-2022.



## REFERENCIAS

- [1] Mosteiro M. et al. (2020). An integrated microclimate-energy demand simulation method for the assessment of urban districts. *Front Built Environ.*
- [2] Nema P. et al. (2012). An overview of global climate changing in current scenario and mitigation action. *Renewable Sustainable Energy Reviews* 16(4) 2329–2336.
- [3] Younas M. et al. (2016). Recent advancements, fundamental challenges, and opportunities in catalytic methanation of CO<sub>2</sub>. *Energy & Fuels* 30(11), 8815–8831.
- [4] Muroyama H. et al. (2016). Carbon dioxide methanation over Ni catalysts supported on various metal oxides. *Journal of Catalysis* 178,184,343.
- [5] Centi G. y Perathoner S. (2009). Opportunities and prospects in the chemical recycling of carbon dioxide to fuels. *Catalyst Today* 148(3–4), 191–205.
- [6] Fecheté I. y Vedrine J. (2015). Nanoporous materials as new engineered catalysts for the synthesis of green fuels. *Molecules* 20(4), 5638–5666.
- [7] Van den Heede P. y De Belie N. (2012). Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and 'green' concretes: Literature review and theoretical calculations. *Cements and Concrete Composites* 34(4), 431–442.
- [8] Damtoft J. et al. (2008). Sustainable development and climate change initiatives. *Cement and Concrete Research* 38(2), 115–127.
- [9] Stoeglehner G. y Narodoslowsky M. (2009). How sustainable are biofuels? Answers and further questions arising from an ecological footprint perspective. *Bioresource Technology* 100(16). 3825–3830.
- [10] Song X. et al. (2011). Synthesis and characterization of magnesium hydroxide by batch reaction crystallization. *Frontiers of Chemical Science and Engineering* 5(4), 416–421.
- [11] Thampi K. et al. (1987). Methanation and photo-methanation of carbon dioxide at room temperature and atmospheric pressure. *Nature* 327(6122), 506–508.
- [12] Li Z. et al. (2015). The promoter action of CeO<sub>2</sub> for the Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- catalyzed methanation of CO<sub>2</sub>. *Kinetics and Catalysis* 56(3), 329–334.
- [13] Proaño L. et al. (2020). Mechanistic assessment of dual function materials, composed of Ru-Ni, Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Pt-Ni, Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, for CO<sub>2</sub> capture and methanation by in-situ DRIFTS. *Applied Surface Science* 533,147469.
- [14] Marin J. et al. (2022). Low-temperature and highly active nickel catalyst based on hydrotalcite Mg–Al for CO<sub>2</sub> methanation. *Energy Technology* 10(10).
- [15] Wierzbicki D. et al. (2016). Novel Ni-La-hydrotalcite derived catalysts for CO<sub>2</sub> methanation. *Catal Commun* 83, 5–8.
- [16] Elmoubarki R. et al. (2017). Ni/Fe and Mg/Fe layered double hydroxides and their calcined derivatives: preparation, characterization and application on textile dyes removal. *Journal of materials research and technology* 6(3), 271–283.
- [17] Abate S. et al. (2016). Synthesis, characterization, and activity pattern of ni–al hydrotalcite catalysts in CO<sub>2</sub> methanation. *Ind. Eng. Chem. Res* 55(30), 8299–8308.
- [18] Ye R. et al. (2020). High-performance of nanostructured Ni/CeO<sub>2</sub> catalyst on CO<sub>2</sub> methanation. *Applied Catalyst B Environment* 268, 118474.
- [19] Dębek R. et al. (2016). Methane dry reforming over hydrotalcite-derived Ni–Mg–Al mixed oxides: The influence of Ni content on catalytic activity, selectivity and stability. *Catal. Sci. Technol.* 6(17), 6705–6715.
- [20] Zhang J. et al. (2005). Characterizations and activities of the nano-sized Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Ni/La-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for NH<sub>3</sub> decomposition. *Appl. Catal. A Gen.* 290(1–2), 87–96.
- [21] Li J. et al. (2019). Highly-dispersed Ni-NiO nanoparticles anchored on an SiO<sub>2</sub> support for an enhanced CO methanation performance. *Catalysts* 9(6), 506.
- [22] Forano C. et al. (2013). Layered double hydroxides (LDH). *Dev. Clay. Sci.* 5, 745–782.
- [23] Touahra F. et al. (2015). Effect of the Ni/Al ratio of hydrotalcite-type catalysts on their performance in the methane dry reforming process. *Applied Petrochemical Research* 6(1), 1–13.
- [24] Vos B. et al. (2001). Impact of calcination conditions on the structure of alumina-supported nickel particles. *J. Catal.* 198(1), 77–88.
- [25] Sotomayor F. et al. (2018). Characterization of Micro/Mesoporous Materials by Physisorption: Concepts and Case Studies. *Acc. Mater. Surf. Res.* 3(2), 34–50.
- [26] Alothman Z. (2012). A review: Fundamental aspects of silicate mesoporous materials. *Materials* 5(12), 2874–2902.
- [27] Leofanti G. et al. (1998). Surface area and pore texture of catalysts. *Catal. Today* 41(1–3), 207–219.
- [28] Müller A. et al. (2023). Comparative study of the CO<sub>2</sub> methanation activity of hydrotalcite-based nickel catalysts generated by using different reduction protocols. *Catalysis Letters* 153(4), 1057–1067.
- [29] Zheng W. et al. (2008). Effects of CO<sub>2</sub> addition on Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for the reaction of ammonia decomposition to hydrogen. *Applied Catalysis B Environment* 80(1–2), 98–105.
- [30] Gac W. (2011). Acid–base properties of Ni–MgO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> materials. *Applied Surfaces Science* 257(7), 2875–2880.

- [31] Kuśtrowski P. et al. (2004). Acidity and basicity of hydrotalcite derived mixed Mg-Al oxides studied by test reaction of MBOH conversion and temperature programmed desorption of NH<sub>3</sub> and CO<sub>2</sub>. *Materials Research Bulletin* 39(2), 263–281.
- [32] Hasmizam M. et al. (2017). CO<sub>2</sub> adsorption study on NiO and Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -NiO catalyst synthesis using simple sol-gel method. *Oriental Journal Chemistry* 33(04), 1864–1870.
- [33] Marocco P. et al. (2018). CO<sub>2</sub> methanation over Ni/Al hydrotalcite-derived catalyst: Experimental characterization and kinetic study. *Fuel* 225, 230-242.
- [34] Guo X. et al. (2018). Carbon dioxide methanation over nickel-based catalysts supported on various mesoporous material. *Energy & Fuels* 32(3), 3689.
- [35] Garbarino G. et al. (2015). Methanation of carbon dioxide on Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts at atmospheric pressure: Catalyst's activation, behaviour and stability. *International Journal of Hydrogen Energy* 40(30), 9171-9182.
- [36] Hu D. et al. (2012). Enhanced investigation of CO methanation over Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for synthetic natural gas production. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 51(3), 4875-4886.
- [37] Mohd N. et al. (2022). Ni-based catalyst for carbon dioxide methanation: A review on performance and progress. *Catalysts* 12(5), 496.

# Uso de la ceniza para la solidificación del concentrado producido por el sistema de tratamiento de ósmosis inversa en un relleno sanitario en el Valle del Cauca, Colombia

Valentina Molina-Molina<sup>1</sup>  
Juan Manuel Moriones-Hernández<sup>2</sup>  
Diego Fernando Rodríguez-Ospina<sup>3</sup>  
Luis Eduardo Zapata-Giraldo<sup>4</sup>  
Jennifer Alejandra Castellanos-Garzón<sup>5</sup>  
*Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia*

El Parque Tecnológico Ambiental Presidente, en San Pedro, Valle del Cauca, Colombia, cuenta con dos plantas de ósmosis inversas para el tratamiento de lixiviados, los cuales generan una corriente tratada y una de rechazo. No obstante, el rechazo acumulado incrementa la conductividad del lixiviado que circula por las plantas, por lo que es necesario buscar alternativas para mejorar su manejo. El objetivo de esta investigación es evaluar el uso de la ceniza como residuo sólido inerte para la solidificación del rechazo. Se realizó un estudio de tipo experimental, para cada ensayo se tomaron 1500 mL y 2500 mL del rechazo de ósmosis, se realizaron seis mezclas para las proporciones 1:1 y 1:2, las muestras fueron secadas a 100°C y cada hora se registraron los valores de humedad durante 12 horas, sobre la mezcla final se adicionó producto de rechazo y se inició de nuevo el ensayo. Se encontró que la proporción 1:1 no se homogenizó, la proporción 1:2 registró una humedad promedio inicial de 66,41% y que a las 12 horas la humedad fue del 20,44%. Se determinó que la capacidad de adsorción de la ceniza permite su reuso para solidificar el rechazo, siendo una alternativa que no genera vertimiento y puede ser utilizada para disminuir el volumen de rechazo.

---

<sup>1</sup> Ingeniera Ambiental. Contacto: [valentina.molina01@uceva.edu.co](mailto:valentina.molina01@uceva.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniería Ambiental. Contacto: [juan.moriones01@uceva.edu.co](mailto:juan.moriones01@uceva.edu.co)

<sup>3</sup> Magíster en Ingeniería civil, administración e ingeniería sanitaria. Contacto: [diego-fernando.rodriguez@veolia.com](mailto:diego-fernando.rodriguez@veolia.com)

<sup>4</sup> Especialista en Derecho ambiental. Contacto: [luis.zapata@veolia.com](mailto:luis.zapata@veolia.com)

<sup>5</sup> Doctora en Ciencias biomédicas. Contacto: [jacastellanos@uceva.edu.co](mailto:jacastellanos@uceva.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La generación de Residuos Sólidos Urbanos RSU se ha incrementado a nivel global debido al aumento poblacional, el desarrollo tecnológico y las actividades que ejerce el ser humano [1], de esta manera se ha implementado un sistema de Gestión Integral de residuos sólidos urbanos en donde se involucra el barrido, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de ellos [2]. Sin embargo, en algunos lugares el servicio es limitado con deficientes niveles de transporte lo que resulta en recolección y disposición ilegal de residuos [3] siendo los rellenos sanitarios, vertederos e incineración la forma tradicional para el manejo de los estos residuos principalmente implementadas en países en vía de desarrollo [4].

Sin embargo, en el relleno sanitario surge un nuevo reto que se derivada de los lixiviados generados que se filtran a través de la masa de residuos, cuyas características y carga contaminante son variables y de alta peligrosidad para el medio ambiente [5, 6]. Los lixiviados, además de contaminar el suelo pueden llegar a impactar aguas subterráneas y aguas superficiales [7]; su composición química varía según la antigüedad del vertedero, donde la biodegradabilidad del lixiviado varía con el tiempo [8].

El Parque Tecnológico Ambiental Presidente, ubicado en el municipio de San Pedro, es el lugar para la disposición final de los residuos sólidos urbanos e industriales de varios municipios del departamento; para sus operaciones cuenta con la disposición controlada de residuos, la extracción de biogás y el tratamiento de lixiviados, para este último dispone de dos plantas de tratamiento de ósmosis inversa, sin embargo, en el proceso de tratamiento del lixiviado se genera una corriente de rechazo, que repercute en el incremento de la conductividad del lixiviado que alimenta las plantas de ósmosis, limitando su eficiencia.

Asimismo, el concentrado recirculado ocasiona que el lixiviado tenga una degradación más baja [9], que pueden crear incrustaciones en las membranas de las plantas, por lo que es necesario diseñar estrategias que permitan reducir el volumen recirculado del concentrado (rechazo) de ósmosis inversa.

En paralelo a esta situación, se ha observado que entre los residuos que ingresan al Parque a disposición final, está la ceniza de carbón, un residuo de la caña de azúcar, derivado de procesos industriales de los ingenios azucareros. Esta ceniza es una sustancia particulada que se caracteriza por su contenido de carbono, micro-elementos y alto contenido de óxidos [10] está constituida por fibras lignocelulósicas que forman paredes de celda, con humedad absorbida y condensada, varios extractos y algunos componentes minerales [11]. Algunas investigaciones, reportan las características y virtudes que presenta la ceniza volante, como adsorbente e intercambiadora de iones para la remoción en aguas residuales [12]. De esta manera, la ceniza que se descarta en el vertedero como residuo, puede constituir una materia prima para el tratamiento de aguas residuales.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es evaluar, mediante pruebas experimentales de laboratorio, el uso de la ceniza como residuo sólido inerte para la solidificación del rechazo que proviene de la planta de osmosis usando como material inerte la ceniza vegetal proveniente de los ingenios de caña de azúcar.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el Parque Tecnológico Ambiental Presidente, localizado a 3,964322° latitud y -76,247213° longitud. El Parque cuenta con un total de 84 hectáreas, donde se ubican piscinas de almacenamiento de lixiviado y dos plantas de tratamiento de osmosis inversa (Figura 1).

### 2.2 Descripción del funcionamiento de las plantas de tratamiento de lixiviado de ósmosis inversa

Se realizó una evaluación técnica del funcionamiento de las plantas de osmosis inversa C-deg 18 y V-sep para determinar la corriente de rechazo denominada "concentrado" sobre las membranas de las plantas. Para ello, se llevó a cabo la consulta en los manuales de operación de cada planta, visitas en campo para

analizar su funcionamiento y se contó con la asesoría y acompañamiento por parte del área de mantenimiento de Veolia Aseo Buga S.A.E.S.P.

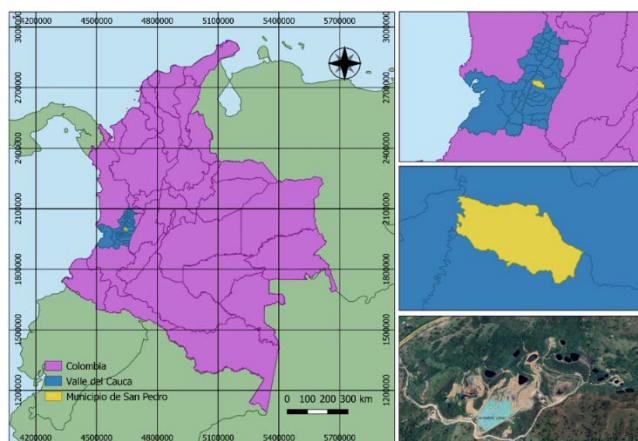


Figura 1. Localización del Parque Tecnológico Ambiental Presidente

### 2.3 Registro monitoreo ambientales del lixiviado y concentrado

Se recopiló la información del registro de los monitores ambientales del concentrado de las plantas de tratamiento de lixiviado realizados por la empresa Veolia Aseo Buga S.A.E.S.P y ejecutados por el laboratorio contratista ANASCOL S.A.S de los parámetros de pH y conductividad reportados para 2022.

### 2.4 Obtención de materia prima

Se recolectaron 10 kg de ceniza proveniente de la industria azucarera que ingresaron al Parque Tecnológico Ambiental Presidente para disposición final.

### 2.5 Eficiencia de remoción de la ceniza

Se realizó una prueba de filtración utilizando ceniza y papel filtro, se evaluó la conductividad del lixiviado joven y del concentrado, antes y después de pasar por el filtro; así como el volumen que pasó a través del filtro después de una hora. Se realizaron los siguientes ensayos:

1. Alícuota de 500 mL y 0,5 kg de ceniza pura
2. Alícuota de 500 mL y 0,2 kg de ceniza pura
3. Alícuota de 500 mL y 0,5 kg de ceniza pura
4. Alícuota de 250 mL y 0,5 kg de ceniza recirculada de la prueba #3

Para calcular el porcentaje de eficiencia de remoción de la ceniza se tuvo en cuenta la ecuación (1).

$$n = \left(1 - \frac{cf}{cao}\right) * 100 \quad (1)$$

### 2.6 Ensayo de solidificación

Para cuantificar la humedad y capacidad de adsorción del material sólido inerte o ceniza, se mezclaron dos proporciones, 1:1 con 1500 ml de concentrado y 1500 g de ceniza, y una proporción de 1:2, siendo 2500 ml de concentrado con 1500 g de ceniza.

Las mezclas fueron homogeneizadas y se sometieron a una prueba de secado en horno a temperatura constante de 100°C, se registró la humedad cada hora hasta obtener un porcentaje cercano al 20%, posteriormente, se pasó por un tamiz granulométrico de 4", 10" y 40", de esta manera la ceniza secada se volvió a impregnar con concentrado en las mismas proporciones iniciales del ensayo, procedimiento que fue repetido hasta agotar el material sólido inerte.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Área de estudio

El Parque Tecnológico Ambiental Presidente PTAP cuenta con dos plantas de osmosis inversa OI, destinadas al tratamiento de los lixiviados. En la Figura 2 se presenta la distribución de las plantas, las cuales, de acuerdo a la literatura consultada, es una tecnología respaldada para el tratamiento de los lixiviados provenientes de los rellenos sanitarios, la cual ha sido de gran aceptación por su alta retención de bacterias, sales y partículas [13]. Además, de contribuir en la disminución significativa de DQO y NH<sub>4</sub>-H.

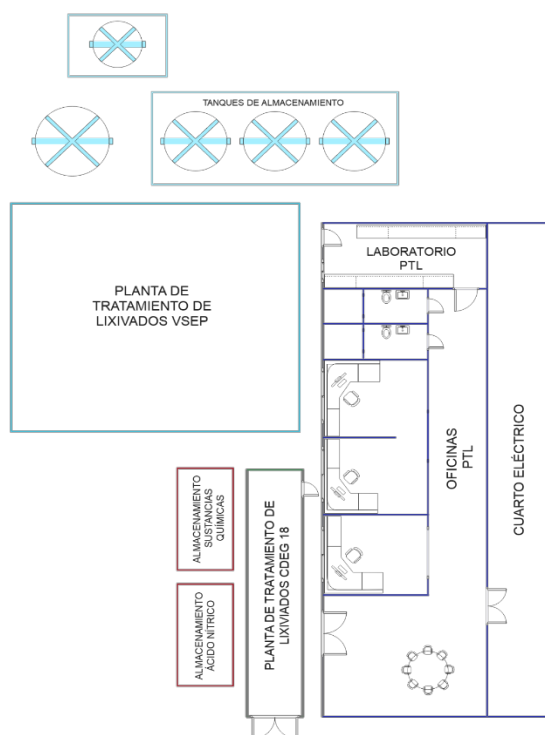


Figura 2. Plantas de tratamiento de lixiviados en el PTAP

Así mismo, en 2022 Topal menciona que el tratamiento de los lixiviados de rellenos sanitarios por osmosis inversa logra la remoción en un 98% de DQO y un 99% de nitrógeno total, sólidos suspendidos totales y metales pesados. No obstante, algunos autores mencionan que estos tratamientos son de alto costo de operación y energía, depende de la manufactura de las membranas, vida útil, y uso de químicos [14]. Sin embargo, factores meteorológicos como la precipitación influyen en la generación de estos. En el Valle del Cauca el régimen de precipitación durante el año es bimodal, donde los meses con mayor índice de lluvias son de abril a mayo y de octubre a noviembre, lo reportado son un índice de lluvias entre los 1000 y 1500 mm/año, precipitaciones que pueden aumentar gradualmente hasta alcanzar los 2500 mm/año [15].

#### 3.2 Funcionamiento de las plantas de tratamiento de lixiviado de ósmosis inversa

La planta de tratamiento de osmosis inversa por vibración, esta tecnología fue creada en 1987 bajo el concepto Vibratory shear-enhanced process VSEP [16]. La planta funciona únicamente por una etapa compuesta por tres filtros con membranas de nanofiltración. Cada filtro cuenta con un motor conectado a una bandeja sísmica, complementado con un rodamiento excéntrico que gira a altas revoluciones y provoca la vibración de la bandeja.

El lixiviado es bombeado a 450 PSI desde el tanque de almacenamiento hacia la parte superior del filtro donde es sometido al sistema de motor con bandeja sísmica, precipitando la fracción del lixiviado que contiene más carga contaminante, esta corriente sale por la parte inferior del filtro y se conduce al tanque de almacenamiento de concentrado, a su vez, la fracción libre de carga contaminante sale por la parte superior del filtro y se almacena en el tanque de permeado mostrándose así en la Figura 3.

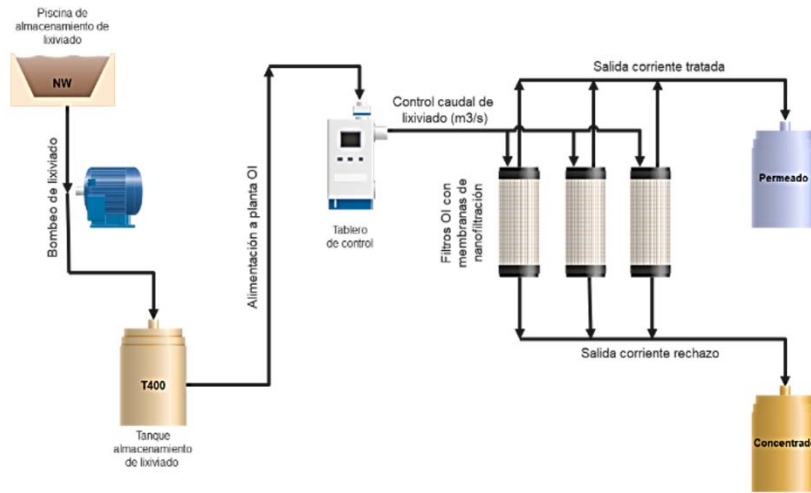


Figura 3. Diagrama del funcionamiento de planta OI VSEP

Por su parte, la planta de tratamiento de lixiviado de la empresa alemana C-Deg usa el proceso de ósmosis inversa, la planta cuenta con un pretratamiento y tratamiento del lixiviado por dos etapas [17]; el lixiviado entra a la planta a una presión máxima de tres bares para manejar un nivel alto de turbulencia, luego pasa por dos filtros de grava de dos mil micras para eliminar sedimento y llega a un filtro de cartucho que se encarga de retener la biología del lixiviado, manejando una presión entre los 0,2 a 0,7 bares.

En el pretratamiento se realiza una dosificación de anti-incrustante (1,2-2 l/h) para eliminar el sedimento en las membranas de la primera fase. La primera fase se compone de cinco filtros o bloques cada uno con cinco membranas semipermeables de ósmosis inversa OI.

El lixiviado entra al primer bloque el cual cuenta con una bomba de presión que genera turbulencia en medio de las membranas, el líquido que tiene baja carga contaminante logra atravesar las membranas y se dirige por la tubería central al segundo bloque, el líquido que no logró pasar las membranas o rechazo se conduce por una válvula al segundo bloque donde se mezcla con más lixiviado, el proceso se repite hasta el quinto bloque. Al terminar la primera fase, el rechazo denominado *concentrado* va al tanque de almacenamiento de concentrado (Figura 4).

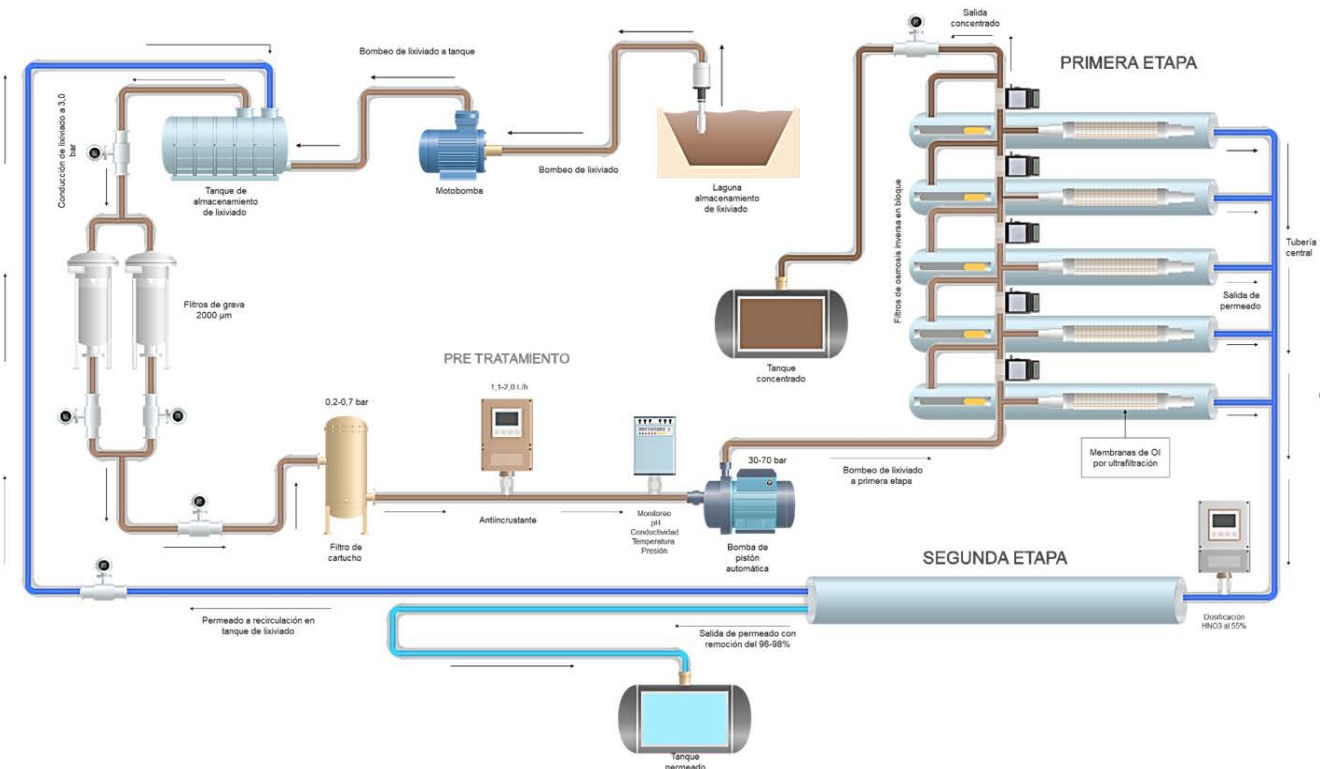


Figura 4. Diagrama del funcionamiento de planta OI C-DEG [18]

Luego de la revisión de los manuales de operación e información recolectada, se encontró que el almacenamiento y acumulación de la corriente de rechazo puede llevar a disminuir la vida útil de las membranas y un aumentando los niveles de conductividad en las piscinas como se indica en las tabla 1 y 2, estos resultados coinciden con [18], donde identificaron que el concentrado de la OI causa diversos impactos ambientales debido a sus características fisicoquímicas, tales como la temperatura, el pH, salinidad y iones; las altas concentraciones generan bio-incrustaciones en las membranas, provocando aumento de los costos operativos, de las presiones de la alimentación de la planta (demanda de energía), la frecuencia de limpieza y mantenimiento de las membranas reduciendo su vida útil [19].

### 3.3 Monitoreos ambientales del lixiviado y concentrado

Durante abril de 2022 se realizó el monitoreo ambiental de la corriente de salida de rechazo de las plantas de ósmosis inversa a cargo de la compañía ANASCOL S.A.S. Para el concentrado se realizó una medición *in situ* de la conductividad y pH (Tabla 1).

**Tabla 1** Determinación *in situ* parámetros pH y conductividad

Hora	Muestra	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH (unidades)	Alícuota (mL)
8:00	1	41.885	8,53	778
9:00	2	42.385	8,39	778
10:00	3	42.365	8,49	778
11:00	4	44.465	8,56	778
12:00	5	37.705	8,51	778
13:00	6	38.805	8,47	778
14:00	7	43.505	8,44	778
15:00	8	43.560	8,57	778
16:00	9	43.215	8,61	778

Para el lixiviado se tomó muestra directamente de la piscina de almacenamiento de donde se alimenta la planta de tratamiento de lixiviado de OI, los datos (Tabla 2) fueron tomados por el personal de Veolia Aseo Buga S.A.E.S.P una vez por mes desde junio hasta octubre del 2022. La conductividad se realizó *in situ* de la piscina de almacenamiento de lixiviado, se tomaron tres alícuotas de 500 ml, se registró conductividad y temperatura con el multi-parámetro, por último, se realizó un promedio de los datos arrojados.

**Tabla 2.** Determinación *in situ* parámetros de conductividad y temperatura en piscina de almacenamiento de lixiviado

Fecha	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Media	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Media
24/06/2022	35.300	35.300	N	N
	35.200		N	
	35.400		N	
18/07/2022	37.000	36.400	31	32,0
	37.300		36,6	
	34.900		28,5	
9/08/2022	39.600	39.433	33	33,4
	39.200		33,8	
	39.500		33,4	
26/09/2022	40.100	39.833	33	33,6
	39.600		33,9	
	39.800		33,8	
24/10/2022	39.700	39.733	27,8	27,8
	39.800		27,8	
	39.700		27,9	

### 3.4 Selección de la ceniza

Para la selección del material adsorbente, se encontró en la literatura el estudio realizado por Vidal en el 2014, que determino que la ceniza de bagazo de caña de azúcar CBC posee Sílice  $\text{SiO}_2$  y alúmina  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , compuestos que también se encuentran presentes en gran proporción en las cenizas volantes de carbón cv (12,20). La proporción Si/Al es clave para determinar la capacidad de intercambio catiónico CIC del material adsorbente [21]. Es así como la correlación de propiedades entre la CBC y ceniza volante permite satisfacer



las necesidades del trabajo experimental al demostrarse que las CV tienen gran efectividad como adsorbente de metales tóxicos y material orgánico de soluciones acuosas [22].

Para lograr establecer la ceniza de bagazo de caña de azúcar CBC como material adsorbente en el ensayo de secado, se consideró que La CBC es un material con capacidad de adsorción debido al intercambio de iones al entrar en contacto con algún líquido o sólido, de igual manera es de fácil acceso dado que la CBC llega directamente al Parque Tecnológico Ambiental Presidente a disposición final, esta ceniza es un material común debido a la actividad industrializada de la caña de azúcar en el Valle del Cauca, también no genera vertimiento debido a su capacidad de permeabilidad cuando entra en contacto con líquidos, y por medio del intercambio de iones del material tiene la capacidad de disminuir o neutralizar el pH y conductividad del concentrado

Asimismo, fue elegida como materia prima por su disponibilidad, y los permisos y licencias aprobadas por la autoridad ambiental de la región para disponer en el Parque Tecnológico Ambiental Presidente, esto demuestra que no es un residuo peligroso, materia prima que ha sido analizada por métodos fisicoquímicos, datos que se encuentran en los archivos de Veolia Aseo Buga S.A.E.S.P, y se justifica su uso como material de solidificación por sus propiedades de adsorción. Sin embargo, investigadores en el 2019, indican en su estudio que la CBC es un buen material adsorbente debido a su alta porosidad y tortuosidad, pero que en condiciones de aumento de temperatura disminuye la afinidad entre el adsorbato y el adsorbente [23].

De igual manera, los análisis realizados por [24] a dos cenizas de bagazo de caña de azúcar en distintos países demostraron tener estructuras similares, morfología heterogénea, superficies irregulares y una prevalencia de grupos polares superficiales como carbonilo, carboxilo e hidroxilo, los resultados de las pruebas a las características químicas y físicas de las cenizas revelaron que estas pueden ser usadas como adsorbente de compuestos orgánicos e inorgánicos.

### 3.5 Pruebas de filtración

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos al realizar las pruebas de filtración con lixiviado joven y concentrado.

**Tabla 3.** Ensayos de filtración con ceniza y papel filtro

<b>Ensayo 1</b>						
Parámetros	Conductividad inicial (uS/cm)	Conductividad final (uS/cm)	Volumen inicial (mL)	Volumen final (mL)	Peso ceniza (kg)	Remoción (%)
Lixiviado Joven	19.630	8.970	500	112	0,50	54,30
Concentrado	58.200	9.230	500	36	0,50	84,14
<b>Ensayo 2</b>						
	Conductividad inicial (uS/cm)	Conductividad final (uS/cm)	Volumen inicial (mL)	Volumen final (mL)	Peso ceniza (kg)	Remoción (%)
Concentrado	59.400	27.600	500	160	0,20	53,54
<b>Ensayo 3</b>						
	Conductividad inicial (uS/cm)	Conductividad final (uS/cm)	Volumen inicial (mL)	Volumen final (mL)	Peso ceniza (kg)	Remoción (%)
Lixiviado Joven	18.590	9.810	500	100	0,50	47,23
Concentrado	57.400	16.950	500	150	0,50	70,47
<b>Ensayo 4 (recirculación de ceniza #3)</b>						
	Conductividad inicial (uS/cm)	Conductividad final (uS/cm)	Volumen inicial (mL)	Volumen final (mL)	Peso ceniza (kg)	Remoción (%)
Lixiviado Joven	18.900	15.610	250	50	0,50	17,41
Concentrado	52.900	42.900	250	100	0,50	18,90

Las pruebas de filtración, solidificación y secado demostraron que cuando la ceniza virgen entra en contacto con el concentrado, la conductividad baja notablemente (58.200 uS/cm a 9230 uS/cm). No obstante, al recircular la ceniza se observó que el papel filtro se saturaba y no tenía la misma infiltración del concentrado sobre esta, lo cual se demostró en la toma de conductividad (52.900 uS/cm a 42.900 uS/cm) bajando significativamente la eficiencia del sistema de un 84,7% del primer ensayo, al 18,90% en el último. El uso de

la ceniza como material adsorbente se puede demostrar igualmente con su uso como purificadora de aguas contaminadas, ya que se demostró una disminución del pH, temperatura, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos totales, conductividad, turbidez, alcalinidad, dureza, DBO, DQO, e iones inorgánicos [25].

### 3.6 Ensayo de solidificación

Se realizaron seis ensayos con dos tipos de proporciones contenidas de ceniza y concentrado. El ensayo con la proporción 1:1, que contenía 1500 ml de concentrado y 1500 g de ceniza se observó que la contextura de la mezcla no satisfacía las condiciones para la prueba de secado, presentó mucha humedad lo que no facilitó la mezcla de ceniza-concentrado.

En cambio, al realizar la proporción 1:2 la cual contenía 1500 g de ceniza y 2500 ml de concentrado, logró tener una contextura deseada *húmeda* ya que la ceniza se logró impregnar totalmente del concentrado, pasando así a la fase de secado que se recirculó seis veces usando la misma mezcla, añadiéndole de nuevo concentrado en cada ensayo. La prueba de secado a una temperatura constante de 100°C hasta obtener una humedad deseada del 20%, permitió observar en el transcurso de 12 horas la contextura de la mezcla y registrando valores de humedad con registros de tiempos reflejados en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Registro de valores de humedad de la mezcla 1:2

Ensayo	Peso ceniza (g)	Volumen de concentrado (ml)	HUMEDAD REGISTRADA (%)								
			tiempo 0	1 Hora	2 hora	3 hora	4 hora	8 horas	10 horas	12 hora	
1	1.504	2500	66,41	-	-	-	-	-	-	-	20,44
2	1.503	2500	71,14	61,4	54,09	48,19	39,58	37,16	21,15	-	<b>20,5</b>
3	1.501	2500	57,92	51,66	49,94	49,06	48,8	43,06	19,22	-	<b>20,34</b>
4	1.502	2500	60,58	-	51,62	-	-	47,59	23,4	-	<b>20,54</b>
5	1.504	2500	60,11	-	41,5	-	-	27,43	<b>19,87</b>	-	-
6	1.508	2500	57,78	34,35	<b>15,41</b>	-	-	-	-	-	-

Luego de obtener el 20% de humedad de una mezcla, se realizó una prueba granulométrica por un tamiz de 4", de 10" y de 40", y se procedió a pesar y así repitiéndolo durante los seis ensayos. Los resultados de cada prueba granulométrica se observan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Pruebas granulométricas a las mezclas seca.

Ensayo	Peso de la muestra				Peso total (Kg)
	4"	10"	40"	Bandeja	
1	13,14	16,55	91,27	27,81	1,49
% retención	8,74	11	60,7	18,5	
2	13,89	12,67	57,38	66,44	1,5
% retención	9,24	8,43	38,2	44,2	
3	14,28	13,14	58,73	63,09	1,49
% retención	9,51	8,75	39,1	42	
4	31,44	24,69	59,1	35,02	1,5
%retención	20,9	16,4	39,3	23,3	
5	7,15	10,33	44,3	88,5	1,5
%retención	4,75	6,87	29,46	58,85	
6	32,98	25,55	50,79	41,39	1,51
%retención	21,9	16,9	33,7	27,4	

Estos resultados prueban que la ceniza puede ser utilizada como alternativa para solidificación y que deben ser llevados a pruebas a mayor escala, lo que puede llegar a ser una propuesta innovadora enmarcada en la economía circular, que involucra la sinergia entre dos residuos para resolver un problema de tratamiento para la disposición, composición, de los residuos sólidos y en especial los urbanos, que han alcanzado volúmenes alarmante en los últimos tiempos y ha influido en la búsqueda de nuevas formas de gestión para el tratamiento de los residuos sólidos para que puedan ser utilizados como fuente de materia prima y como insumos para la industria en lo cual afirma que se deben realizar estrategia de Gestión de los Residuos Sólidos domiciliarios es un problema multidisciplinario que requiere de la colaboración de varios grupos internacionales de trabajo para poder asimilar nuevas tecnologías disponibles para su gestión [26].

#### 4. CONCLUSIONES

La ceniza que llega al relleno es un residuo que no tiene propiedades que le concedan características peligrosidad encontradas en los trámites y estudios entregados a la organización Veolia Aseo Buga S.A E.SP. y estudiadas sus condiciones de capacidad de intercambio catiónico y el uso que tiene en los procesos de tratamiento de aguas residuales, puede ser aprovechada y darle valor a estos residuos generados por los ingenios azucareros de la región para usarlos como un material de solidificación de un residuo líquido

## REFERENCIAS

- [1] Saldaña C. et al. (2013). Caracterización física de los residuos sólidos urbanos y el valor agregado de los materiales recuperables en el vertedero el iztete, de Tepic-Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29(3), 25–32.
- [2] Sáez A. y Urdaneta G. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia* 20(3), 121–135.
- [3] Alsobky A. et al. (2023). A Smart framework for municipal solid waste collection management: A case study in Greater Cairo Region. *Ain Shams Engineering Journal* 14(6), 102183.
- [4] Ortiz G. y Contreras J. (2023). Políticas públicas, gestión de residuos sólidos municipales y sostenibilidad ambiental. Una revisión. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 6(6), 12258–12278.
- [5] Collazos H. (2013). Diseño y operación de rellenos sanitarios. *Escuela Colombiana de Ingeniería*.
- [6] Ategrus. (2010). Curso Ategrus sobre Introducción a la gestión de vertederos.
- [7] Giraldo E. (2001). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: Avances recientes. *Revista de Ingeniería* (14), 44–55.
- [8] Barba L. et al. (2014). Divulgación científica. Recuperado: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262014000100027&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262014000100027&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- [9] Torres P. et al. (2014). Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición físico-química y su potencial de toxicidad. *Actualidad & Divulgación Científica* 17(1), 245–255.
- [10] Tórrez B. et al. (2014). Valorización de ceniza de bagazo de caña de la industria azucarera Nicaragüense como sustituto parcial al cemento Portland. *Nexo Revista Científica* 27(2), 82–89.
- [11] Antolín G. y Oliva D. (2003). Caracterización del bagazo de caña de azúcar mediante Análisis Térmico. *Información Tecnológica* 14(4), 91–96.
- [12] Ortiz O. et al. (2018). Evaluación de cenizas volantes como material adsorbente para la remoción de Pb<sup>2+</sup> en solución acuosa. *Revista Mutis* 8(2), 47–56.
- [13] Martínez A. et al. (2014). Alternativas actuales del manejo de lixiviados. *Avances en Química* 9(1), 37–47.
- [14] Topal A. (2022). Reverse osmosis treatment system for landfill leachate: Operation conditions, advantages and challenges. *Environmental Research and Technology*.
- [15] IDEAM. (2018). Precipitación anual Valle del Cauca. IDEAM.
- [16] Ding L. et al. (2015). Dynamic filtration with rotating disks, and rotating or vibrating membranes. *Progress in Filtration and Separation*, 27–59.
- [17] C-deg S.A.S. (2015). Manual de Operación.
- [18] Valdés H. et al. (2021). Reverse osmosis concentrate: Physicochemical characteristics, environmental impact, and technologies. *Membranes* 11(10), 753–765.
- [19] Hoek E. et al. (2022). Reverse osmosis membrane biofouling: Causes, consequences and countermeasures. *NPJ Clean Water* 5(1), 45–54.
- [20] Vidal D. et al. (2014). Ceniza de bagazo de caña para elaboración de materiales de construcción: Estudio preliminar. *Momento*.
- [21] Curi A. et al. (2006). Las zeolitas y su aplicación en la descontaminación de efluentes mineros. *Información tecnológica* 17(6).
- [22] Alinnor I. (2007). Adsorption of heavy metal ions from aqueous solution by fly ash 86(5–6), 853–857.
- [23] Prieto J. et al. (2019). Estudio cinético y termodinámico de la adsorción de plomo (ii) en ceniza de bagazo de caña de azúcar. *Centro Azúcar* 46(3).
- [24] Rodríguez J. et al. (2015). Comprehensive characterization of sugarcane bagasse ash for its use as an adsorbent. *Bioenergy Res.* 8(4), 1885–1895.
- [25] Ajala L. et al. (). Insights into purification of contaminated water with activated charcoal derived from hamburger seed coat. *International Journal of Environmental Science and Technology* 19(7), 6541–6554.
- [26] do Rosario J. et al. (2014). Gestión de los residuos sólidos y sus impactos económicos, sociales y medioambientales. *Centro Azúcar* 41, 9–20.

# Impacto de la pandemia Covid-19 en la eficiencia aeroportuaria en Latinoamérica

Oscar Díaz Olariaga<sup>1</sup>

Wolfgang Dupeyrat<sup>2</sup>

Julio Aguirre<sup>3</sup>

Felipe Delgado<sup>4</sup>

Carlos Marques da Rocha<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Santo Tomás, Colombia*

<sup>2</sup> *Embry-Riddle Aeronautical University, USA*

<sup>3</sup> *Universidad del Pacífico, Perú*

<sup>4</sup> *Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile*

<sup>5</sup> *Universidad de Brasilia, Brasil*

En este estudio se analiza en qué medida impactó la pandemia del Covid-19 en la eficiencia técnica de los aeropuertos privatizados de Latinoamérica. Se realiza la medición de la eficiencia técnica utilizando solo variables técnicas, es decir, de infraestructura y aeronáuticas o de tráfico aéreo, de un conjunto representativo de aeropuertos privatizados latinoamericanos, tanto en el periodo pre-pandémico (2017-2019) como en el pandémico más severo (2020). La metodología utilizada es el análisis envolvente de datos. Los principales resultados de la investigación revelan índices de eficiencia técnica elevada, y en algunos casos ideales, en el periodo pre-pandémico, y caídas no muy severas de la eficiencia técnica en el periodo pandémico.

---

<sup>1</sup> Contacto: [oscardiazolariaga@usta.edu.co](mailto:oscardiazolariaga@usta.edu.co)

<sup>2</sup> Contacto: [dupeyrat@my.erau.edu](mailto:dupeyrat@my.erau.edu)

<sup>3</sup> Contacto: [aguirre\\_jc@up.edu.pe](mailto:aguirre_jc@up.edu.pe)

<sup>4</sup> Contacto: [fdb@ing.puc.cl](mailto:fdb@ing.puc.cl)

<sup>5</sup> Contacto: [chrocha@unb.br](mailto:chrocha@unb.br)

## 1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la eficiencia aeroportuaria ha sido un área de investigación en auge en las últimas tres décadas. Estas evaluaciones son importantes para todos los actores de la industria, operadores de aeropuertos (públicos y privados), organismos reguladores, gobiernos o agencias públicas (locales, regionales y nacionales), y operadores aéreos (aerolíneas). Por ello, en los últimos 25-30 años se han publicado una gran cantidad de artículos sobre eficiencia aeroportuaria. En lo que refiere a las técnicas específicas adoptadas en las investigaciones el Data Envelopment Analysis DEA es el más utilizado para la medición de la eficiencia aeroportuaria [1-3].

En otro orden, la pandemia del Covid-19, que inició a principios de 2020, produjo un muy severo y perjudicial daño a la industria de la aviación a nivel mundial. Informes de organismos internacionales del transporte aéreo revelan, para el año 2020, un fuerte impacto negativo en los indicadores típicos de los actores de la industria [4-8]. Pero, por otro lado, estudios muy recientes indican que la industria empezó su recuperación en 2021 [4, 7, 9]. Esta severa situación pandémica, nunca experimentada, al mismo nivel, en épocas recientes, invita a los académicos a analizar y calcular el impacto negativo en los actores de la industria del transporte aéreo internacional. Y uno de esos actores es el sistema aeroportuario.

Entonces, la presente investigación realiza, en primer lugar, una presentación y análisis de las políticas públicas aéreas desarrolladas en los países en estudio, de las últimas tres décadas. Dicho análisis destaca como las políticas públicas influyeron en el desarrollo de los aeropuertos, generando programas que condujeron a la privatización de la mayoría de estos. Este análisis previo es de interés ya que la medición de la eficiencia es solo sobre este tipo de aeropuerto y además cubre años pre-pandémicos. Y, por otro lado, la medición de la eficiencia técnica incluye 2020, por lo que es posible identificar y evaluar el efecto de la pandemia del Covid-19 en la eficiencia técnica aeroportuaria.

La investigación se centra, exclusivamente, en aeropuertos concesionados (es decir, con gobernanza 100% privada), y con un enfoque geográfico 100% latinoamericano, donde se incluyen los aeropuertos de Brasil, Chile, Colombia y Perú, cuatro de los cinco mercados aéreos más importantes del subcontinente latinoamericano y de entre los ocho más grandes (por tráfico movilizad) de las Américas [5, 7]. Hay que mencionar que el conjunto de aeropuertos privatizados seleccionados para esta investigación es perfectamente representativo, ya que dichos aeropuertos son los más grandes e importantes de sus países y gestionan el grueso del total del tráfico aéreo en los mismos. La metodología utilizada para realizar el estudio es el análisis envolvente de datos, que es una metodología utilizada para estimar la eficiencia relativa de una variable sin la necesidad de conocer a profundidad la relación que se puede presentar entre los inputs y los outputs de un sistema complejo.

Finalmente comentar que esta investigación es la primera en su tipo en las siguientes dos vertientes: (a) es la primera investigación sobre la eficiencia técnica aeroportuaria, a nivel latinoamericano (varios países participantes y con su correspondiente comparativa) sobre aeropuertos con gobernanza 100% privada (exclusivamente) y en contexto de liberalización (total o parcial) de los mercados aéreos en estudio; y (b) es el primer trabajo, a fecha de cierre de este artículo (principios de 2023), en presentar un análisis y medición del impacto de la pandemia del Covid-19 en la eficiencia técnica en los aeropuertos a nivel continental (Latinoamérica). Este trabajo pretende cubrir el vacío en la literatura científica sobre la temática relacionada.

## 2. PRESENTACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

### 2.1 Caso de estudio Brasil

El transporte aéreo brasileño experimentó un rápido crecimiento de la demanda en las últimas décadas, lo que condujo a una mayor demanda de infraestructura. En este escenario, el gobierno brasileño transfirió en concesión la operación de algunos de los principales aeropuertos al sector privado para acelerar y permitir la modernización de las instalaciones, las inversiones en infraestructura y las innovaciones tecnológicas. Las inversiones requeridas mejorarían la productividad y la calidad del servicio [10]. El programa de privatización de aeropuertos del gobierno brasileño comenzó en 2011 con la concesión del

aeropuerto de Natal NAT [11]. Anteriormente, todos los aeropuertos comerciales del país eran operados por la Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária Infraero, empresa pública de gestión de infraestructura aeroportuaria que opera bajo la Secretaría de Aviación Civil de Brasil. En 2012 fueron adjudicados los aeropuertos de Guarulhos GRU, Viracopos VCP y Brasilia BSB, y en 2013 fue el turno de los aeropuertos de Río de Janeiro GIG y Belo Horizonte CNF. En los cinco casos, Infraero retuvo una participación de 49% en la concesión. En 2017, se adjudicaron cuatro aeropuertos más: Fortaleza FOR, Salvador SSA, Florianópolis FLN y Porto Alegre POA.

En agosto de ese mismo año, el gobierno anunció la venta del 49% de participación de Infraero en las operaciones aeroportuarias de Brasilia, Belo Horizonte, Río de Janeiro y Guarulhos y también una nueva ronda de concesiones. En octubre, se incluyeron 13 aeropuertos adicionales en el programa nacional de privatización, que se agruparon en tres bloques regionales: un bloque noreste con seis aeropuertos, un bloque centro oeste con cinco aeropuertos y un bloque sureste con dos aeropuertos; en definitiva, y a fecha de 2020, 21 aeropuertos han sido privatizados. Estos 21 aeropuertos concesionados, y participantes en el estudio, gestionan más del 90% del total del tráfico del país [12].

### 2.1.1 Algunos aspectos destacados de política pública aérea en Brasil

El modelo de concesión aeroportuario en Brasil ha evolucionado claramente desde la concesión de Natal [13]. Las primeras medidas regulatorias para las concesiones aeroportuarias surgieron en la subasta del aeropuerto de São Gonçalo do Amarante, cuando el ente regulador estipuló las siguientes condiciones principales como régimen regulatorio: a) los postores son personas jurídicas brasileñas o extranjeras, y pueden competir solos o en consorcio; b) se prohibió la participación de líneas aéreas, subsidiarias y afiliadas, individualmente o en consorcio, con una participación igual o superior al 10%; y c) la autoridad reguladora requirió la creación de una Sociedad de Propósito Especial SPE para administrar el aeropuerto.

Por otro lado, la autoridad pública exigió la participación de un operador aeroportuario con experiencia comprobada con una participación minoritaria en la concesión. En la segunda ronda de concesiones se establecieron medidas regulatorias adicionales: a) participación de entidades complementarias de la seguridad social y fondos de inversión en el capital social de la concesión aeroportuaria; b) participación de Infraero en la concesión aeroportuaria con hasta el 49% del capital social; c) establecimiento de reglas de gobernanza para disciplinar la relación entre el socio privado e Infraero; d) establecimiento de un plan de inversiones en infraestructura aeroportuaria dividido en fases; y e) el socio privado es el controlador de la SPE. La participación de Infraero en las concesiones se justificó por el *know-how* adquirido en los aeropuertos otorgados y transferidos a otros aeropuertos operados por ella [14].

Los aeropuertos de la primera, segunda y tercera ronda de concesiones fueron adquiridos (temporalmente) por valores extraordinariamente superiores a los valores mínimos de subasta fijados por el gobierno. El aeropuerto de Brasilia fue vendido por 7,73 veces el valor mínimo de subasta, Guarulhos por 4,76 veces y Galeão por 3,96 veces [15]. Estos montos fijos de subvención fueron una de las características más notables de la segunda y tercera ronda de concesiones. A partir de la cuarta ronda de concesiones, Infraero dejó de participar en las concesiones, por lo que todos los aeropuertos concesionados quedaron con un 100% de gobernanza privada. El gobierno incentivó la participación de socios extranjeros en el negocio y permitió la participación de los mismos socios en diferentes aeropuertos [16].

Para contener comportamientos oportunistas, el gobierno, a partir de la cuarta ronda de concesiones, exigió el pago del 25% del monto de la concesión prometido por el adjudicatario de la subasta al momento de firmar el contrato de concesión. El principal cambio normativo a partir de la quinta ronda de concesiones fue que la subvención se dividió en fija y variable, adaptándose a los movimientos de pasajeros, carga y aeronaves en el aeropuerto [13].

## 2.2 Caso de estudio Chile

La política de aviación comercial en Chile se basa en tres principios fundamentales: una política de cielos abiertos, permitiendo el libre ingreso al mercado; libertad tarifaria para los operadores de transporte aéreo;

e intervención mínima de la autoridad pública. En 1991, una vez establecida y aprobada la Ley de Concesiones, se comenzó a invertir a través de concesiones aeroportuarias con un sistema tipo *leasing* en donde se incorporaba la idea, el proyecto y la construcción, pero no la gestión del área terminal. Posteriormente, en las licitaciones de concesiones efectuadas a partir de mediados de la década de 1990, se estableció que los concesionarios tendrían la responsabilidad de construir, mantener y explotar las instalaciones del aeropuerto [17].

Sobre la base del sostenido crecimiento de la economía del país y de la demanda por transporte aéreo, durante el año 1996 el Gobierno de Chile diseñó una *política aeroportuaria*, con cuya materialización se han estado ofreciendo más y mejores servicios aeroportuarios a los usuarios nacionales y extranjeros. Los objetivos generales de esta política aeroportuaria son básicamente [18]: a) mejorar la infraestructura y la administración del sistema aeroportuario; b) avanzar hacia una mayor racionalidad económica; y c) incentivar la participación privada, tanto en la inversión como en la gestión de infraestructura, equipamiento y servicios aeroportuarios para uso comercial.

En cuanto a las inversiones en infraestructura aeroportuaria, si bien la red de aeropuertos chilena ha sido desarrollada históricamente por el Estado con financiamiento público, el sector privado, a través del Sistema de Concesiones de Obras Públicas, ha ido logrando una importante participación, alcanzando un alto porcentaje de la red, a través de las concesiones de los aeropuertos más importantes del país [19]. De esta manera, la inversión pública se concentrará en la construcción, conservación, mantenimiento y operación de aeródromos y aeropuertos de la red aeroportuaria nacional sin una adecuada rentabilidad privada, pero con una alta rentabilidad social.

El programa de concesiones de aeropuertos en Chile está conformado por proyectos que corresponden a los principales aeropuertos del país. Las obras consideradas en los aeropuertos en su mayoría corresponden a ampliación de las terminales de pasajeros y en algunos casos a nuevos edificios aeroportuarios, y nuevas instalaciones aeroportuarias como torres de control y nuevas pistas. El proceso de licitación de este programa de concesión aeroportuaria ha utilizado los siguientes factores económicos en las licitaciones:

- Tarifa por pasajero embarcado
- Plazo de la concesión
- Pago por bienes y derechos entregados en concesión
- Porcentaje de reducción de tarifas máximas
- Ingresos totales de la concesión
- Subsidio del Estado

Estos factores de licitación han sido utilizados en las diferentes licitaciones ya sea en forma independiente o en una combinación de estos a través de mecanismos de licitación donde éstos son utilizados en forma secuencial. En este último caso siempre se compete por un factor, quedando los otros con un valor fijo, y la licitación se adjudica en aquel factor que representa la mejor condición para el mandante. Todos los contratos de concesión son del tipo Build, Operate and Transfer BOT [20].

Entonces, en Chile el proceso de privatización de aeropuertos comenzó en 1995 en la forma de asociaciones público-privadas APP. Desde esa fecha se han concesionado un total de 11 aeropuertos (que son los más importantes, y participantes del estudio) del total de la red primaria aeroportuaria chilena [21]. Aun cuando el sistema de concesiones aeroportuarias ha sido exitoso, sus contratos se han caracterizado por ser muy rígidos y estrictos. Como consecuencia, ha resultado muy difícil adaptar o corregir estos a las realidades específicas de operación de cada aeropuerto.

En término de demanda de pasajeros, esta creció en más de un 500% entre 1995 y 2019, pasando de los cerca de 4,2 a los 26 millones de pasajeros en 2019. Este incremento del tráfico aéreo se acentuó entre 2015 y 2017 debido a la entrada en operación de aerolíneas de bajo costo en el mercado doméstico, haciendo que la demanda creciera a una tasa cercana al 12% anual entre 2016 y 2019 [22].



Este crecimiento sostenido se vio frenado por la pandemia Covid-19 que provocó que 2020 presentara una caída respecto a 2019 de un 73% en el tráfico de pasajeros internacionales y de un 57% de los pasajeros domésticos. Sin embargo, la demanda de carga total cayó solo un 1%. Esta fuerte caída en el tráfico de pasajeros se explica por el cierre total de fronteras para tránsito de extranjeros que instauró Chile desde el 18 de marzo de 2020. Estas restricciones no aplicaron al transporte de carga [22]. Desde el punto de vista financiero, esta caída en la demanda afectó los ingresos de los aeropuertos concesionados, pero el Estado no adoptó medidas extraordinarias como compensaciones o extensión de los plazos de concesión para mitigar la baja de demanda.

### **2.3 Caso de estudio Colombia**

En Colombia se liberalizó la industria del transporte aéreo/aviación entre 1991 y 1992. Esto trajo consigo reformas estructurales tanto en el sector aeroportuario como en el de las líneas aéreas, todo ello a través de una ininterrumpida batería de políticas públicas (aún hoy vigentes) que incluye no solo aspectos normativos y regulatorios sino también importantes programas de inversión pública y privada en infraestructura y tecnología [23].

Sobre la gestión de la infraestructura aeroportuaria Colombia ha seguido la tendencia regional de concesionar la administración de dichas infraestructuras al sector privado [24]. Entonces, desde mediados de la década de 1990, y en varias fases temporales, denominadas generaciones, el gobierno colombiano entregó en concesión varios aeropuertos del país, a la fecha un total de 16 (y participantes en el presente estudio), incluidos los más grandes e importantes (y que gestionan el grueso del tráfico aéreo de toda la red) [25].

Como resultado de las políticas públicas aéreas, tanto de privatización como de inversión pública y privada en infraestructura aeroportuaria, y acompañadas con políticas de desregulación del sector aerocomercial, donde las tarifas aéreas están totalmente liberalizadas desde 2012 [26], desde el inicio de la liberalización de la industria (1991) y hasta 2019, el transporte de pasajeros (totales) creció casi un 800% [27, 28]. Por otro lado, en Colombia la entrada al mercado de operadores aéreos privados con un modelo de negocio Full-Service Carrier FSC, se produjo muy pronto luego de la liberalización del sector (principios-mediados de la década de 1990). Pero la entrada al mercado de las líneas aéreas Low-Cost Carrier LCC, fue muchos años posterior a la liberalización (recién en 2012) [26].

En relación con el impacto de la pandemia del Covid-19 en Colombia, dicha circunstancia generó, en el peor año de la pandemia, 2020, una severa caída de la demanda de pasajeros aéreos (85% en pasajeros domésticos, 75% en pasajeros internacionales, ambos con respecto a 2019); sin embargo, la demanda de carga aérea (total) solo cayó un 16% con respecto al 2019, concepto donde el impacto de la pandemia fue mucho menor [29].

### **2.4 Caso de estudio Perú**

En Perú, el proceso de apertura comercial y desregulación de la actividad comercial se realizó a principios de la década de 1990, después de que la mayor parte de las líneas aéreas y los aeropuertos se encontraban controlados por el Estado [30]. Dicho proceso formó parte de las políticas de liberalización y privatización en la economía del país. Esto trajo consigo un mejoramiento del marco legal orientado a captar mayores flujos de inversión, lo que llevó, por una parte, a la desregulación del mercado de transporte aéreo, permitiendo que las empresas privadas establezcan libremente sus tarifas, de acuerdo a criterios de mercado y que ingresen empresas extranjeras al sector [31] y, por otra, a la entrega en concesión de los principales aeropuertos comerciales bajo mecanismos PPP para un acceso más fácil a la financiación y a la inversión del sector privado, así como una mayor eficiencia operativa [32].

El sistema aeroportuario peruano comprende 48 aeropuertos, de los cuales 18 están concesionados al sector privado (los cuales participan en la presente investigación) y 30 son administrados por la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial CORPAC, que es una agencia pública. Los aeropuertos bajo gestión privada fueron entregados en concesión a tres operadores [33]. Como resultado de la política de

privatización en infraestructura aeroportuaria, los aeropuertos concesionados, hasta antes del inicio de la pandemia, atendieron un tráfico de pasajeros que, prácticamente, se quintuplicó en el Aeropuerto de Lima LIM (entre 2001 y 2019) y en el primer grupo concesionados de aeropuertos regionales (entre 2007 y 2019), y se duplicó en el segundo grupo concesionado de aeropuertos regionales (entre 2011 y 2019) [34].

En relación con el impacto de la pandemia del Covid-19 en Perú, tras la declaratoria del estado de emergencia nacional y el cierre de todas las fronteras internacionales, desde el 15 de marzo hasta el 5 de octubre de 2020, se restringieron las operaciones aéreas (nacionales e internacionales) de los aeropuertos en el Perú. El efecto inmediato, naturalmente, fue la drástica reducción del tráfico de pasajeros y de carga. Así, entre enero y septiembre de 2020, el tráfico de pasajeros en vuelos nacionales e internacionales se redujo 67% y 72,4% respectivamente, y el tráfico de carga nacional e internacional disminuyó 24,3% y 30,9%, respectivamente, tofo ello con relación a 2019 [35].

### 3. MÉTODO

La metodología de Análisis Envolvente de Datos [36, 37] que se utiliza en la presente investigación, es considerada como una solución no paramétrica para estimar la productividad de los factores de entrada en un sistema y los resultados de su transformación dentro del proceso con el uso de la programación lineal [38, 39]. El primer modelo DEA, propuesto por [38], denominado DEA-CCR, tuvo una orientación hacia los inputs y suponía la existencia de rendimientos constantes de escala. El segundo modelo DEA propuesto, conocido como DEA-BCC [40], presenta la hipótesis de rendimientos variables de escala. Además de estos dos modelos, hay otros modelos DEA menos frecuentes en la literatura. Así, se identifican al menos otros cinco modelos DEA básicos: el modelo aditivo [41], el modelo multiplicativo [42], el modelo DEA cone-ratio [43], el modelo DEA de la región de seguridad [44, 45], y el modelo de super-eficiencia [46].

En [38] se afirma que frente a un conjunto de unidades consideradas como productivas, y que se pueden comparar entre sí dado que su proceso de transformación de recursos es similar (y para definir un marco de comparación), nombran estas unidades productivas como Unidades de Toma de Decisión DMU y definen tres tipos de eficiencia para lograr esta comparación:

1. Eficiencia técnica: se elige unidad de referencia la de mayor productividad entre unidades del mismo tamaño.
2. Eficiencia de escala: refleja la habilidad de la DMU de usar los recursos o factores en proporciones óptimas.
3. Eficiencia global: se escoge como unidad de referencia la de mayor productividad de las que estén en el estudio.

Las relaciones de eficiencia se miden con el coeficiente obtenido entre los resultados de salida del sistema (*outputs*) y los recursos que lo abastecieron en el inicio (*inputs*), con el siguiente criterio [47]:

- *Inputs* orientados: buscan, dado el nivel de *outputs*, la máxima reducción proporcional en el vector de *inputs* mientras permanece en la frontera de posibilidades de producción. Una unidad no es eficiente si es posible disminuir cualquier *input* sin alterar sus *outputs*.
- *Outputs* orientados: buscan, dado el nivel de *inputs*, el máximo incremento proporcional de los *outputs*, permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. Una unidad no es eficiente si es posible incrementar cualquier *output* sin incrementar ningún *input* y sin disminuir ningún otro *output*.

En la presenta investigación se utiliza el Modelo CCR para la medición de la eficiencia técnica.

#### 3.1 Datos

Para la presente investigación se recolecta información de sesenta y seis aeropuertos de cuatro países en Latinoamérica (Brasil, Chile, Colombia y Perú), todos ellos con gobernanza 100% privada. A continuación, se mencionan los cuatro *inputs* seleccionados inicialmente para el cálculo:

1. Número de pistas operativas
2. Número de puestos de estacionamiento de aeronave en plataforma
3. Área de la plataforma
4. Área construida del edificio terminal de pasajeros

Para el caso de los *outputs* se recolectaron datos de tráfico (pasajeros, carga aérea y operaciones (despegues y aterrizajes)) de cada aeropuerto de 2017 a 2020, este último el que recoge el más duro impacto de la pandemia. Adicionalmente se ha incluido como *outputs*, el número de aerolíneas que operan en el aeropuerto y la cantidad total de destinos (nacionales + internacionales). Entonces, los *outputs* seleccionados son:

1. Pasajeros totales transportados (domésticos + internacionales)
2. Carga aérea total transportada (doméstica + internacional)
3. Operaciones totales (domésticas + internacionales)
4. Cantidad de aerolíneas que operan en el aeropuerto
5. Cantidad de destinos servidos por el aeropuerto (domésticos + internacionales)

### 3.1 Desarrollo metodológico

En la presente investigación se entiende como *eficiencia técnica* la capacidad de cada aeropuerto analizado de aprovechar productivamente sus recursos de entrada, independiente de su tamaño en comparación con otras unidades dentro del estudio. Para iniciar el cálculo de la eficiencia técnica de los aeropuertos seleccionados, y en concordancia con la literatura existente, se decidió que cada aeropuerto sería medido como una DMU y para cada uno de los mismos se definieron las variables que se tendrían en cuenta en el análisis como variables de entrada y salida, todas ellas conocidas como *variables técnicas*, es decir, las variables de entrada (*inputs*) asociadas a la infraestructura existente (y sus características) en el aeropuerto, y las variables salida (*outputs*) asociadas a las operaciones aeronáuticas, habitualmente utilizadas en investigaciones similares (ver compendios en [48-51]). Los modelos desarrollados para cada aeropuerto cuentan con cuatro *inputs* y cinco *outputs* para el periodo comprendido entre 2017 y 2020, como se menciona a continuación.

1. DMU
  1. Brasil: 21 DMU
  2. Chile: 11 DMU
  3. Colombia: 16 DMU
  4. Perú: 18 DMU
2. *Inputs*
  1. Número de pistas
  2. Número de posiciones de estacionamiento de aeronaves en plataforma
  3. Área construida del edificio terminal de pasajeros
  4. Área de la plataforma
3. *Outputs*
  1. Operaciones totales
  2. Pasajeros totales transportados
  3. Carga aérea total transportada
  4. Cantidad de aerolíneas que operan en el aeropuerto
  5. Cantidad de destinos servidos por el aeropuerto

Los escenarios definidos para el análisis fueron:

- Un escenario de cálculo para los aeropuertos de cada país con el periodo 2017-2019 que se considera de pre-pandemia, donde se calcula la eficiencia técnica para cada año, y para cada uno de los 66 aeropuertos del estudio.

- Un segundo escenario para el 2020, año de impacto de la pandemia e igualmente con un cálculo para cada uno de los 66 aeropuertos participantes en el estudio.
- Sobre estos dos escenarios se realiza la comparación del impacto de la pandemia sobre la eficiencia de los aeropuertos en los cuatro países latinoamericanos.

En relación con la metodología seleccionada para el presente estudio, no hay un consenso para el uso de la Escala de Retornos, tal es así que varios académicos hacen uso de Escala de Retornos Constantes (modelo CCR) y otros, de Escala de Retornos Variables (modelo BCC) [52]. Una investigación reciente determinó que los resultados haciendo uso del modelo CCR fueron mejores que utilizando el modelo BCC [53]. Entonces, y en concordancia con la literatura científica existente, se decide utilizar el modelo DEA-CCR, con orientación a los *inputs*, cuyo planteamiento se presenta a continuación.

### 3.1.1 Modelo básico

Inicialmente, el modelo CCR fue propuesto por [38]. La medida de eficiencia que adoptaron relacionó la suma ponderada de inputs con la de outputs de cada unidad de decisión y utilizó modelos de optimización lineal para calcular las ponderaciones. En cualquier caso, el modelo original no era lineal, sino fraccional (según se muestra en las ecuaciones (1), (2) y (3)).

$$Max_{u,v} h_o = \frac{\sum_{r=1}^s U_r * Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i * X_{io}} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s U_r * Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i * X_{ij}} \leq 1 \quad \forall j: 1..n \quad (2)$$

$$U_r, V_i \geq 0 \quad \forall r: 1..2 \quad \forall i: 1 \dots m \quad (3)$$

Donde:

$h_o$ : función objetivo. Medida de la eficiencia

$Y_{rj}$ : output  $i$ -ésimo de la DMU  $j$ -ésima

$X_{ij}$ : input  $i$ -ésimo de la DMU  $j$ -ésima

$V_i, U_r$ : ponderaciones de inputs y outputs respectivamente (soluciones del programa)

### 3.1.2 Modificaciones del modelo básico

Esta formulación original fue modificada más tarde [54] con el fin de que las ponderaciones alcanzaran valores estrictamente positivos y, así, evitar que la solución del programa no considerara a todos los factores y productos en el cálculo del índice de eficiencia al tiempo que se evitaba que el denominador del cociente de eficiencia fuera nulo y su valor no existe (ecuaciones (4), (5) y (6)).

$$Max_{u,v} h_o = \frac{\sum_{r=1}^s U_r * Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m V_i * X_{io}} \quad (4)$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s U_r * Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i * X_{ij}} \leq 1 \quad \forall j: 1..n \quad (5)$$

$$U_r, V_i \geq \epsilon > 0 \quad \forall r, i \quad (6)$$

Entonces, el modelo se plantea según se describe en las ecuaciones (7), (8) y (9).

$$Bo = \frac{\sum_{r=1}^m u_r Y_{ro}}{\sum_{i=1}^n v_i X_{io}} \quad (7)$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^m u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^n v_i x_{io}} \leq 1 \quad K= 1, 2, 3, \dots, m \quad (8)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, 2, 3, \dots, m \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

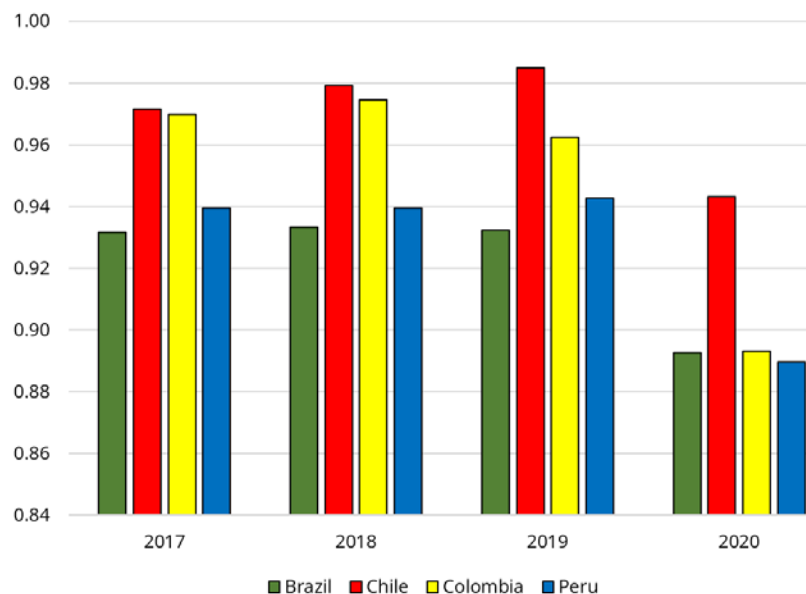
Donde:

- $B_0$ : eficiencia del aeropuerto
- $x_{io}$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ), inputs que producen  $y_{ro}$  ( $r=1, 2, 3, \dots, m$ ) outputs
- $u_r$  y  $v_i$ : multiplicadores virtuales que impiden que el valor de la eficiencia sea menor que cero
- El valor máximo de eficiencia global es 1.0. Un aeropuerto es eficiente totalmente si el cálculo realizado produce exactamente este valor

#### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados muestran que los aeropuertos concesionados de Chile y Colombia son los que presentan una mejor eficiencia técnica de los cuatro países analizados, tanto para el periodo pre-pandémico (2017-2019) como para el periodo pandémico (2020) (Figura 1). Chile y Colombia, fueron los primeros países, de los analizados, que, en primer lugar, dio inicio una liberalización efectiva de la industria del transporte aéreo/aviación (principios de la década de 1990), y, paso seguido, generaron e implementaron sus políticas de privatización de aeropuertos (mediados de la década de 1990) por lo que sus concesiones aeroportuarias tienen más experiencia en la operación/gobernanza de los aeropuertos.

En otro orden, la caída de la eficiencia técnica en el periodo pandémico (año 2020) no fue tan abrupta como se podía esperar (con respecto al año 2019), ya que, como se mencionó anteriormente, aunque la caída de la demanda de pasajeros aéreos fue severa (entre abril y agosto del 2020), la demanda del transporte aéreo de carga sufrió muy poco, siendo mínima (casi inexistente) en Chile, y presentando caídas muy suaves en el resto de los países analizados. Hay que mencionar que, en la presente investigación, para el cálculo de la eficiencia técnica, solo participan variables aeronáuticas (demanda de tráfico) y de infraestructura.



**Figura 1.** Comparativa de eficiencia técnica: Promedio de todos los aeropuertos privatizados del país-caso de estudio (y participantes en la presente investigación) en años pre-pandémicos (2017-2019) vs. año pandémico (2020).

En lo que respecta a la eficiencia técnica de los aeropuertos concesionados analizados, y considerando solo el periodo pre-pandémico (2017-2019), y a la vista de los resultados, se puede afirmar lo siguiente: el nivel (o índice) de eficiencia es independiente del tamaño del aeropuerto (medido como el volumen de tráfico

anual gestionado). Por otro lado, salvo excepciones muy puntuales, el índice de eficiencia técnica también es prácticamente independiente de la ubicación geográfica del aeropuerto (ciudad-capital, interior o remota), de la situación económica de la región (rica o pobre), de la característica productiva de la ciudad/región (turística, industrial, gubernamental, etc.) y la demografía (población) de la ciudad/región servida por el aeropuerto.

En las Figuras 2, 3, 4, y 5 se presentan las eficiencias de todos los aeropuertos en estudio, segmentado por país, y que contemplan tanto el periodo pre-pandémico (2017-2019) como el periodo pandémico más severo (2020).

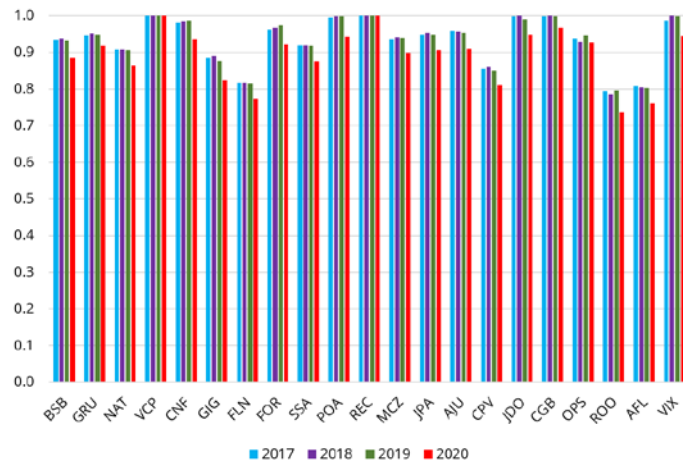


Figura 2. Eficiencia técnica por aeropuerto (privatizado) de Brasil 2017-2020

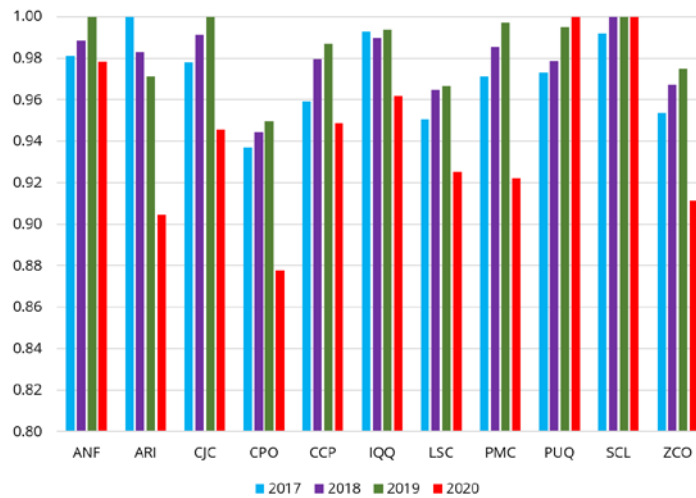


Figura 3. Eficiencia técnica por aeropuerto privatizado de Chile 2017-2020

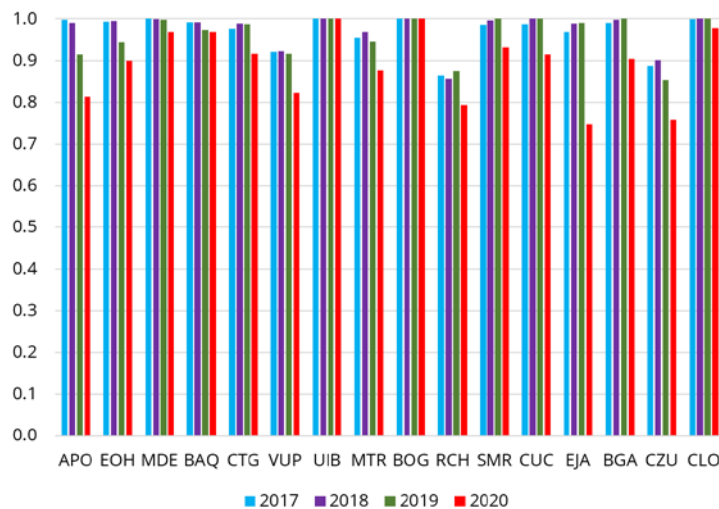


Figura 4. Eficiencia técnica por aeropuerto privatizado de Colombia 2017-2020

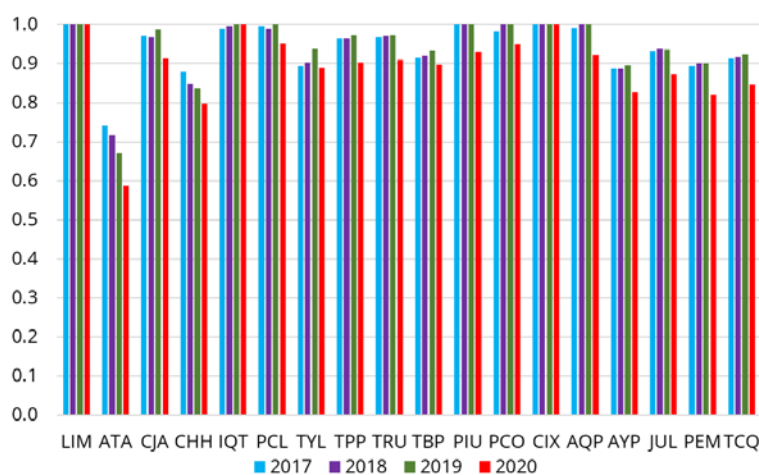


Figura 5. Eficiencia técnica por aeropuerto privatizado de Perú 2017-2020

En lo que respecta a los índices de eficiencia técnica en el periodo pandémico (2020), se pueden identificar tres circunstancias que impidieron una abrupta caída de la eficiencia (a nivel nacional en promedio): a) por un lado, están los aeropuertos principales que gestionan el grueso del transporte de carga aérea nacional e internacional, y los cuales mantuvieron una importante dinámica en la demanda de carga aérea en todo el año 2020; y b) por otro lado, los aeropuertos en regiones turísticas fueron receptoras de una importante afluencia turística, una vez los gobiernos nacionales flexibilizaron las restricciones de los vuelos comerciales de pasajeros (a partir de septiembre 2020); el flujo turístico también fue importante a principios de 2020 (enero-marzo), cuando los países en estudio aún no habían declarado el estado de emergencia sanitaria (y suspendido todos los vuelos comerciales de pasajeros).

## 5. CONCLUSIONES

En primer lugar, en el presente trabajo se presenta, con un enfoque de política pública, como los países latinoamericanos en estudio (de los más grandes de la región en tamaño de mercado aéreo) privatizaron sus principales aeropuertos luego de liberalizar sus respectivas industrias del transporte aéreo/aviación. En segundo lugar, se calculó la eficiencia técnica aeroportuaria de aeropuertos privatizados de la región en un contexto de mercado aéreo liberalizado, de considerable nivel de inversión privada en infraestructura aeroportuaria, y de alto crecimiento mantenido de la demanda de transporte aéreo en las dos últimas décadas. Y, por último, aunque no menos importante, se midió el impacto de la pandemia del COVID-19 en la eficiencia técnica de los aeropuertos privatizados participantes del estudio.

Como metodología se utilizó el modelo DEA-CCR y las variables utilizadas fueron solo del tipo técnico, es decir, aquellas asociadas/relacionadas a las características de infraestructura (y capacidad) de los aeropuertos y a la actividad aeronáutica/operacional. Los resultados obtenidos conducen a las siguientes conclusiones:

- Para el periodo pre-pandémico, la mayoría de los aeropuertos privatizados, de todos los países en estudio, presentan un elevado índice de eficiencia técnica, y muy especialmente los aeropuertos de Chile y Colombia, países que iniciaron sus políticas y programas de concesión aeroportuaria mucho antes que el resto de los países en estudio (y en general de los primeros en Latinoamérica).
- En todos los países analizados el nivel de eficiencia técnica de los aeropuertos privatizados es independiente: a) del tamaño del aeropuerto (medido como el volumen de tráfico anual gestionado); b) de la ubicación geográfica del aeropuerto; c) de la situación socioeconómica de la región a la que sirve; d) de la característica productiva de la ciudad/región (turística, industrial, gubernamental, etc.); y e) de la demografía (población) de la ciudad/región servida por el aeropuerto.
- El impacto de la pandemia del Covid-19 en la eficiencia técnica de los aeropuertos no fue tan severo como se podía esperar; la ininterrumpida (y casi no afectada) demanda de carga aérea (tanto nacional como internacional), y la rápida reactivación de la demanda de pasajeros, en especial aquella relacionada

al flujo turístico (a partir de septiembre/octubre del 2020), además de la completa normalidad en el primer trimestre de 2020, influyeron en la no tan abrupta caída del índice de eficiencia técnica de los aeropuertos privatizados de los países analizados.

En definitiva, la presente investigación es una primera aproximación a la medición y evaluación de una eficiencia global/total de aeropuertos latinoamericanos (en especial los privatizados, que son los principales y de mayor tráfico de casi todos los países del subcontinente). En esta línea, para futuras investigaciones, sería de gran interés incorporar nuevas variables, además de las técnicas, como son las financieras, de explotación, de rendimiento, variables de origen regulatorio, variables del mercado de la competencia, variables contractuales (relacionadas a los contratos de concesión), etc. Con ello se podría conocer y evaluar mucho mejor el comportamiento de la eficiencia, y determinar con más exactitud si en realidad en Latinoamérica la privatización mejora la eficiencia aeroportuaria.



## REFERENCIAS

- [1] See K. et al. (2022). Twenty years of airport efficiency and productivity studies: A machine learning bibliometric analysis. *Research in Transportation Business & Management*.
- [2] Iyer K. y Jain S. (2019). Performance measurement of airports using data envelopment analysis: A review of methods and findings. *Journal of Air Transport Management* 81, 101707.
- [3] Cavaignac L. y Petiot R. (2017). A quarter century of Data Envelopment Analysis applied to the transport sector: A bibliometric analysis. *Socio-Economic Planning Sciences* 57, 84-96.
- [4] ICAO. (2022). Effects of Novel Coronavirus (Covi-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis. ICAO.
- [5] IATA. (2021). World Air Transport Statistics 2021. IATA.
- [6] IATA. (2021). Air Cargo Market Analysis. IATA.
- [7] ACI. (2021). Annual world airport traffic report. Airports Council International.
- [8] Gudmundsson S. et al. (2021). Forecasting temporal world recovery in air transport markets in the presence of large economic shocks: The case of Covid-19. *Journal of Air Transport Management* 91, 102007.
- [9] IATA. (2022). Global Outlook for Air Transport. IATA.
- [10] Toledo F. et al. (2021). Does privatization make Brazilian airports more efficient? *Transportes* 34, 1-17.
- [11] Rocha C. y Costa F. (2022). Aeroporto internacional de Natal e decisão estratégica de devolução. *Exacta*.
- [12] Infraero. (2023). Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Estatísticas. Recuperado: <https://transparencia.infraero.gov.br/estatisticas/>
- [13] Machado B. et al. (2019). A evolução recente do modelo de concessão aeroportuária sob a ótica da financiabilidade. *BNDES Setorial* 25(50), 7-65.
- [14] Yosimoto V. et al. (2016). A lógica atual do setor aeroportuário brasileiro. *BNDES Setorial* 45, 243-292.
- [15] Rocha C. et al. (2020). Aeroportos brasileiros concedidos e precariedade financeira. En 34 Congreso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET. Rio de Janeiro, Brasil.
- [16] Pereira E. y Rocha C. (2019). Concessões aeroportuárias brasileiras, saúde financeira e prática regulatória: Uma aplicação do modelo Fleuriet. *Revista Estudos e Pesquisas em Administração* 3(3), 148-161.
- [17] Agostini C. (2008). La Organización industrial del transporte aéreo en Chile. *Revista de Análisis Económico* 23(1), 35-84.
- [18] PNT. (2013). Política Nacional de Transportes. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile.
- [19] BID. (2009). Experiencia chilena en concesiones y asociaciones público-privadas para el desarrollo de infraestructura y la provisión de servicios públicos. Banco Interamericano de Desarrollo.
- [20] Carvallo C. (2008). Experiencia chilena en concesiones aeroportuarias. Departamento Coordinador de Concesiones, Dirección Nacional de Aeropuertos, Ministerio de Obras Públicas de Chile.
- [21] DGC. (2023). Dirección General de Concesiones, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Recuperado: <https://concesiones.mop.gob.cl/>
- [22] JAC. (2022). Junta de Aeronáutica Civil. Estadísticas. Recuperado: <http://www.jac.gob.cl/estadisticas/>
- [23] Díaz O. (2021). The role of regional airports in connectivity and regional development. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* 49(4), 1-13.
- [24] Díaz O. y Ávila J. (2015). Evolution of the airport and air transport industry in Colombia and its impact on the economy. *Journal of Airline and Airport Management* 5(1), 39-66.
- [25] Díaz O. y Pulido L. (2019). Measurement of airport efficiency. The case of Colombia. *Transport and Telecommunication* 20(1), 40-51.
- [26] Díaz O. y Zea J. (2018). Influence of the liberalization of the air transport industry on configuration of the traffic in the airport network. *Transportation Research Procedia* 33, 43-50.
- [27] Muros J. y Díaz O. (2022). Air passenger demand forecast through the use of Artificial Neural Network algorithms. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace* 9(3), 123-135.
- [28] Aerocivil. (2023). Autoridad Aeronáutica Civil de Colombia. Estadísticas de transporte aéreo. Recuperado: <https://www.aerocivil.gov.co/atencion/estadisticas-de-las-actividades-aeronauticas>
- [29] Díaz O. y Alonso C. (2021). Impact of airport policies on regional development. Evidence from the Colombian case. *Regional Science Policy & Practice* 23, 1-26.
- [30] Tito E. y Otero G. (2012). El sector aeronáutico peruano se comporta como un mercado oligopólico. Tesis de Maestría. Universidad del Pacífico.
- [31] Boza S. y Oré T. (2007). El sector aerocomercial peruano: situación y perspectivas. Documento de Trabajo N° 001-2007/GEE. Gerencia de Estudios Económicos, Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Perú.
- [32] Mendiola A. et al. (2011). Concesión del aeropuerto Jorge Chávez: evaluación del valor generado. ESAN Ediciones.
- [33] CORPAC. (2021). Memoria Anual 2021. Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial
- [34] OSITRAN. (2020). Repercusión del Covid-19 en el sector aeronáutico en el Perú y el mundo. Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Perú).
- [35] OSITRAN. (2022). Recuperado: <https://www.ositran.gob.pe/anterior/aeropuertos/>

- [36] Rhodes E. (1978). Data envelopment analysis and approaches for measuring the efficiency of decision-making units with an application to program follow-through in U.S. education. Disertación Dopctoral. Carnegie-Mellon University.
- [37] Farrell M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society* 3, 253– 290.
- [38] Charnes A. et al. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research* 2(6), 429-444.
- [39] Charnes A. et al. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Kluwer Academic Publishers.
- [40] Banker R. et al. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30(9), 1078-1092.
- [41] Charnes A. et al. (1985). Foundations of data envelopment analysis for ParetoKoopmans efficient empirical production functions. *Journal of Econometrics* 30, 91-107.
- [42] Charnes A. et al. (1982). Multiplicative model for efficiency analysis. *Socio-Economic Planning Sciences* 16, 223-235.
- [43] Charnes A. et al. (1990). Polyhedral Cone-Ratio DEA Models with an Illustrative Application to Large Commercial Banks. *Econometrics* 46, 73-91.
- [44] Thompson R. et al. (1986). Comparative Site Evaluations for Locating High Energy Physics Lab in Texas. *Interfaces* 16(6), 35-49.
- [45] Thompson R. et al. (1990). The Role of Multiplier Bounds in Efficiency Analysis with Application to Kansas Farming. *Econometrics* 46(1), 93-108.
- [46] Andersen P. y Petersen N. (1993). A procedure for ranking e\_cient units in data envelopment analysis. *Management Scienc*, 39(10), 1261-1264.
- [47] Charnes A. et al. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science* 27(6) 668–697.
- [48] Lo Storto C. (2018). Ownership structure and the technical, cost, and revenue efficiency of Italian airports. *Utilities Policy* 50, 175–193.
- [49] Gutiérrez E. y Lozano S. (2016). Efficiency assessment and output maximization possibilities of European small and medium sized airports. *Research in Transportation Economics* 56, 3–14.
- [50] Wanke P. et al. (2016). Assessing productive efficiency in Nigerian airports using Fuzzy-DEA. *Transport Policy* 49, 9–19.
- [51] Ahn Y. y Min H. (2014). Evaluating the multi-period operating efficiency of international airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index. *Journal of Air Transport Management* 39, 12-22.
- [52] Gutiérrez E. y Lozano S. (2009). Efficiency Analysis and Target Setting of Spanish Airports. *Networks and Spatial Economics* 11(1), 139–157.
- [53] Kohl S. y Brunner J. (2020). Benchmarking the benchmarks – Comparing the accuracy of Data Envelopment Analysis models in constant returns to scale settings. *European Journal of Operational Research* 285(3), 1042–1057.
- [54] Charnes A. et al. (1979). Short communication: Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research* 3(4), 339.

# Influencia de los finos en el comportamiento mecánico de una base granular

José Rodrigo Alarcón Dallos<sup>1</sup>

Jorge Enrique Vargas Lizarazo<sup>2</sup>

*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia*

La infraestructura vial de un país es fundamental para su desarrollo socio-económico y debe obedecer a estándares mínimos que permitan la movilidad de bienes y personas dentro de cierto grado de seguridad y comodidad, para ello es importante la selección adecuada de los materiales que la conforman. En Colombia y en el mundo la mayor parte de las estructuras de pavimento son flexibles, cuya capa de rodadura está apoyada sobre materiales granulares de base o sub-base. En este capítulo se reporta el resultado de la influencia de los finos en el comportamiento mecánico de las bases granulares. Se caracterizaron los materiales, se diseñó, fabricó y ensayó briquetas de base granular con diferentes contenidos de finos en su granulometría y se evaluó su resistencia mediante el California Bearing Ratio CBR y módulo resiliente. Las briquetas con porcentaje de finos de 3% (pasa tamiz 200) presentó mayor módulo resiliente, seguido por las briquetas con contenido de finos de 7% y 5%. El resultado es importante si se tiene en cuenta que el Instituto Nacional de Vías INVIAS, en sus especificaciones generales de construcción de carreteras de 2022, indica que el porcentaje de finos para una base granular de gradación gruesa debe estar entre 0% y 9%, y las diversas investigaciones sobre el tema reportan que el mejor comportamiento de una base granular se da con contenidos de finos superiores al 5%. Es importante y necesario seguir investigando cuál es el porcentaje de finos óptimo que genera el mejor comportamiento mecánico de una base granular y, sobre todo, la implementación de tramos de prueba con instrumentación y seguimiento para documentar su comportamiento en servicio.

---

<sup>1</sup> Ingeniero en Transportes y Vías, Especialista en Ingeniería de Vías Terrestres y Magíster en Ingeniería. Contacto: [joserodrigo.alarcon@uptc.edu.co](mailto:joserodrigo.alarcon@uptc.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero en Transportes y Vías. Contacto: [jorge.vargas04@uptc.edu.co](mailto:jorge.vargas04@uptc.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial juega un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico de un país, permitiendo la conectividad y el transporte de bienes y personas entre diferentes comunidades. Sin embargo, el constante paso de vehículos por las carreteras genera cargas que pueden afectar la durabilidad y estabilidad de la estructura del pavimento.

La selección inadecuada de materiales es una amenaza importante para el deterioro de la estructura de pavimento. La mayor parte de las estructuras de pavimento que se diseñan y construyen en Colombia y en el mundo son flexibles o cuentan con rodaduras construidas con capas asfálticas, las cuales están apoyadas sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, sub-base, afirmado y en algunos casos sub-rasante mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre el terreno natural o sub-rasante [1].

Particularmente en Colombia, donde la mayoría de las estructuras de pavimento están conformadas por capas granulares, es necesario un mayor estudio de estas capas, especialmente la base granular, para aumentar la durabilidad y resistencia de dichas estructuras de pavimento, una vez que nuestro país cuenta con una red vial estimada de 205.745 Km de carretera, de los cuales el 9% (18.323 Km) corresponde a la red primaria, 22% (45.137 km) a la red vial secundaria y el 69% (142.284 km) a vías terciarias [2].

Las capas de base de las carreteras desempeñan un papel importante a la hora de soportar, transmitir y distribuir parte de la carga al subsuelo [3]. El rendimiento de la base de granular se ve afectado por el contenido de humedad y el contenido de finos. El contenido de humedad adecuado y la cantidad adecuada de finos en un material de base granular contribuyen a que los pavimentos duren más [4].

En esta investigación se pretende coadyuvar en la determinación del porcentaje de finos que genere el mejor comportamiento mecánico de una base granular que forma parte de un paquete estructural de pavimento flexible, para lo cual se tuvo en cuenta una variación de porcentajes de finos de 3%, 5% y 7%.

Es evidente el interés que se tiene a nivel mundial por el tema en estudio, prueba de ello son las investigaciones realizadas en las que se evalúa de diversas maneras el efecto del contenido de finos sobre las propiedades mecánicas de una base granular, entre ellas se pueden mencionar:

- [5] un estudio centrado en el efecto del contenido de finos en las propiedades mecánicas de mezclas con finos de arena.
- [6] cuyos resultados demostraron que el porcentaje de finos afectan significativamente la tensión permanente de las capas no ligadas de pavimentos flexibles.
- [7] donde los resultados mostraron que el CBR es óptimo a una cierta cantidad de contenido finos.
- [8] que encontró que los aumentos en la cantidad de finos tienen un gran impacto en las propiedades mecánicas de los materiales de una base granular.
- [9] donde se investiga sobre la influencia del contenido y el tipo de finos en la resistencia y la permeabilidad de la base granular.
- [10] que indica que las propiedades mecánicas de las bases granulares usadas para construir pavimentos dependen significativamente del contenido de finos.

En general, la forma de proceder en las investigaciones sobre la influencia de los finos en las propiedades mecánicas de un material granular se basan en la determinación de parámetros como el CBR o el módulo resiliente con diferentes porcentajes de finos.

## 2. MÉTODO

Esta investigación se llevó a cabo utilizando una metodología desarrollada en cinco fases, en la fase uno se realizó una exhaustiva revisión del estado del arte referente a las diferentes metodologías utilizadas en

investigaciones sobre el comportamiento de los suelos granulares con diferentes porcentajes de finos. En la fase dos se realizó la recolección y caracterización física y mecánica de una base granular de gradación gruesa con materiales de la región de Tunja, Colombia. En la fase tres se diseñaron y fabricaron briquetas de base granular con diferentes porcentajes de contenidos de finos en su granulometría; en la fase 4 se caracterizó las diferentes briquetas de base granular mediante la determinación del CBR y el módulo resiliente en la parte media del espesor de un modelo estructural de pavimento, y en la fase cinco se realizó un análisis técnico de los resultados de módulo resiliente obtenidos para las diferentes briquetas de base granular.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Caracterización de materiales

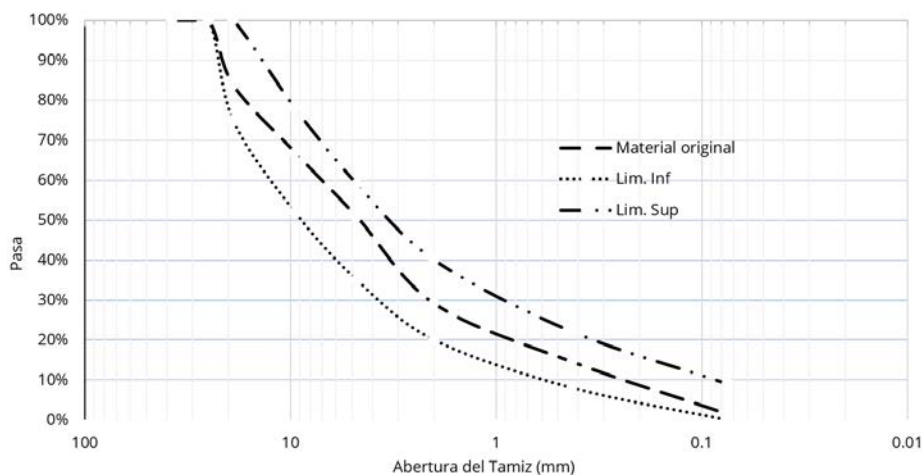
El agregado pétreo utilizado fue obtenido de una de las canteras de la región de Tunja, ubicada en el Km 19 vía Tunja - Villa de Leyva, a estos materiales se les realizó la caracterización física y mecánica para el diseño de una base granular clase C, según las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS 2022 [11] para un nivel de tránsito NT1. En la Tabla 1 se muestran los resultados de los ensayos de caracterización realizados al material.

**Tabla 1.** Caracterización del material granular

Característica		Norma de ensayo inv	Requisito NT1	Resultado	Verificación
Dureza	Desgaste en la Máquina de los Ángeles (Granulometría B)	E-218	$\leq 40\%$	23%	Cumple
Durabilidad	Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	E-220	$\leq 18\%$	5.5%	Cumple
Limpieza	Límite Líquido	E-125	$\leq 25\%$	NP	NP
	Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	$\leq 3\%$	NP	NP
	Equivalente de arena	E-133	$\geq 30\%$	47%	Cumple
Geometría de las Partículas	Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable	E-211	$\leq 2\%$	1.9%	Cumple
	Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	$\leq 35\%$	24%/23%	Cumple
Resistencia de material	CBR (%)	E-148	$\geq 80\%$	86%	Cumple

#### 3.2 Análisis granulométrico

La curva granulométrica del material original muestra algunos saltos entre tamices que hace que la curva no sea sensiblemente paralela a uno de los límites y por lo tanto no cumpla con lo especificado para una base granular clase C, como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Curva granulométrica del agregado original

Por lo anterior fue necesario realizar la estabilización granulométrica ajustada al centro de la especificación, el resultado se muestra en la Figura 2.

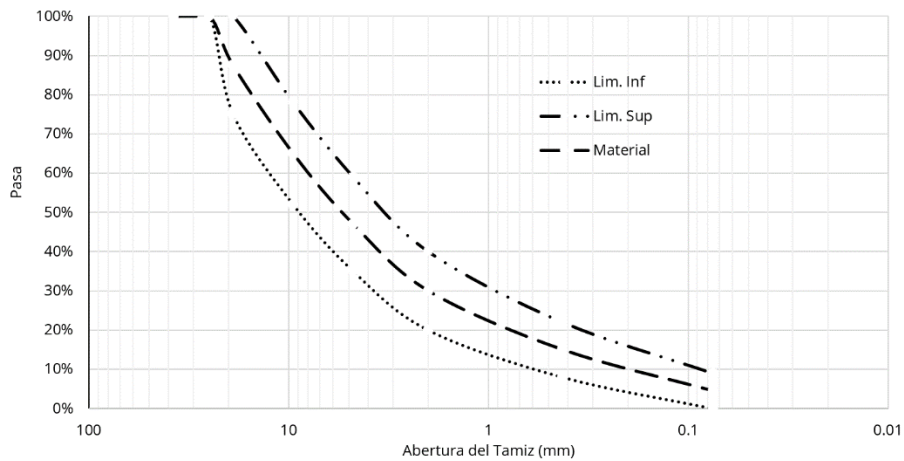


Figura 2. Curva granulométrica de la base granular

### 3.3 Diseño experimental

Con el objeto de encontrar el porcentaje de finos que genere mayor resistencia en una base granular, se realizó el diseño de tres briquetas para cada porcentaje de finos, 3%, 5% y 7%, para una base granular tipo C y para un nivel de tránsito NT1, con la granulometría BG-27 que pasa por el punto medio de la especificación INVIAS 2022. Para el diseño de estas briquetas se tuvo en cuenta una humedad óptima del 7.95% y peso unitario máximo  $2.082 \text{ g/cm}^3$  determinados en el ensayo Proctor Modificado INV E-142-13, las briquetas se compactaron con la ayuda del compactador giratorio, como se muestra en la Figura 3.

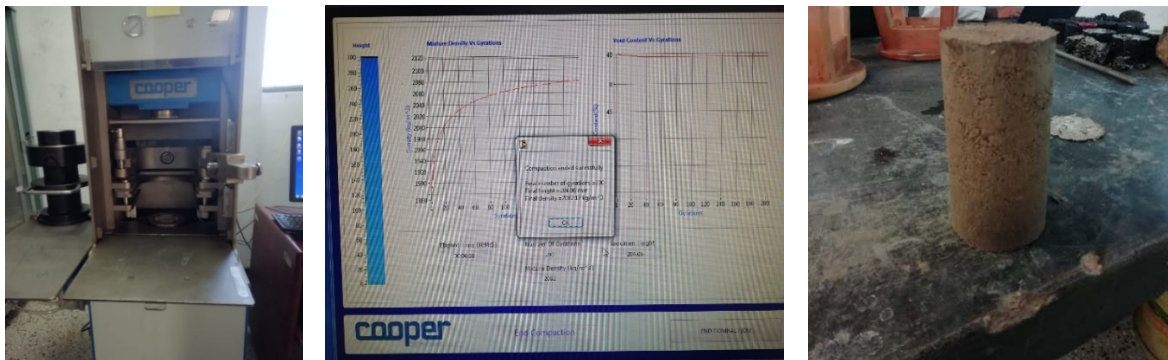


Figura 3. Compactación de briquetas en el compactador giratorio

### 3.4 Módulo resiliente de la base granular

Los métodos de diseño de pavimentos flexibles en Colombia al igual que en muchos países se basan en el modelo de comportamiento elástico lineal para materiales granulares no ligados, en este contexto, los parámetros necesarios para caracterizar un material granular en el análisis estructural de pavimentos son el módulo de rigidez y la relación de Poisson [12].

Entre los factores que influyen en el comportamiento resiliente de los materiales granulares, el parámetro esfuerzo es el más importante, por tanto, es primordial que se exprese con una ley constitutiva adecuada la relación existente entre el esfuerzo y la deformación resiliente. Una gran mayoría de los modelos obtenidos en la literatura científica están basados en procedimientos sencillos de ajuste de curvas obtenidas a partir de los datos de ensayos triaxiales con presión de confinamiento constante, algunos autores indican que el módulo resiliente aumenta de valor al incrementar la presión de confinamiento y que, con tal de que el esfuerzo desviador no cause una deformación plástica excesiva, no está sensiblemente afectado por la magnitud de este esfuerzo desviador [13].

Luego de diseñar y fabricar las briquetas con los diferentes porcentajes de finos (3%, 5% y 7%), se realizó el ensayo de módulo resiliente con base en la norma INV E-156-13/AASHTO T 307-99 haciendo uso del equipo NAT (Nottingham Asphalt Tester), el cual aplica un esfuerzo axial cíclico repetido, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Ensayo de módulo resiliente haciendo uso del equipo NAT

El equipo NAT arroja un archivo de los cuales se seleccionaron los parámetros de esfuerzo de confinamiento, esfuerzo desviador y módulo resiliente que se genera en cada uno de los ciclos, teniendo en cuenta que para cada briqueta se realizaron 15 ciclos. Paso seguido se realizó la calibración de dos modelos, la ecuación simplificada y la ecuación universal haciendo uso de la herramienta Solver presente en el software Excel, para obtener los valores de los coeficientes necesarios para la determinación del módulo resiliente a la profundidad media en la base granular.

En la Tabla 2 se muestran los valores de las constantes de calibración del modelo, tanto de la ecuación simplificada como la ecuación universal para cada una de las briquetas ensayadas con diferente porcentaje de finos.

Tabla 2. Valores de constantes de calibración del modelo

% de finos	Prueba	Calibración de la ecuación simplificada		Calibración de la ecuación universal		
		k1	k2	k1	k2	k3
3%	1	12015,1226	0,54575822	1534,16	0,6665	-0,4419
	2	10646,0189	0,5568162	1434,31	0,6865	-0,4746
	3	15390,6063	0,50031434	1584,04	0,5988	-0,3622
5%	1	6884,84578	0,61993722	1241,05	0,7733	-0,5459
	2	11729,1676	0,54335077	1490,35	0,6809	-0,5060
	3	17638,5702	0,48075625	1672,40	0,5867	-0,4010
7%	1	12964,0864	0,52877486	1540,64	0,6637	-0,4982
	2	10572,9064	0,56948478	1508,93	0,6972	-0,4651
	3	12355,7251	0,53272869	1488,36	0,6500	-0,4338

Se diseñó un modelo estructural de pavimento, necesario para la determinación de los valores de módulo resiliente en la parte media de la base granular por medio del software KENPAVE, el cual requiere datos de espesores de las capas, módulos de cada una de las capas, presión de contacto, cargas, entre otros, en la Figura 5 se presenta el modelo estructural de pavimento diseñado.

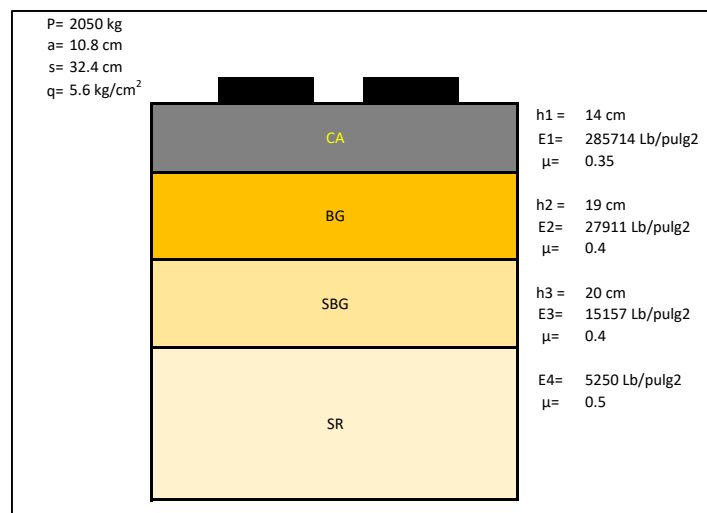
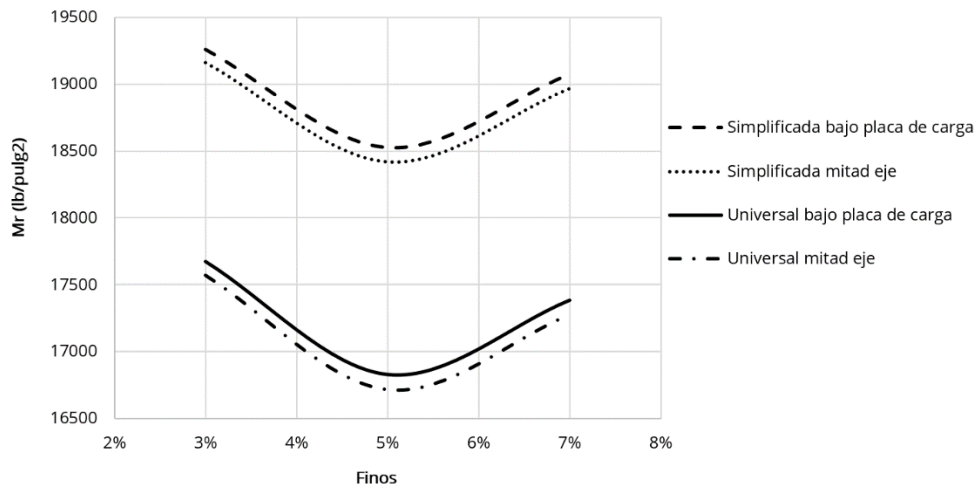


Figura 5. Modelo estructural de pavimento diseñado

Una vez calibrado el modelo estructural, se determinó el valor del módulo resiliente de la base granular para los diferentes porcentajes de finos 3%, 5% y 7% a una profundidad media en la base granular del modelo estructural y a su vez, bajo la placa de carga y en la mitad del eje, haciendo uso del software KENPAVE. En la Figura 6 se muestra los resultados del módulo resiliente de la base granular y su variación respecto al porcentaje de finos y al modelo de calibración.



**Figura 6.** Módulos resilientes de la base granular

Los resultados de los módulos resilientes obtenidos para la base granular por los modelos simplificado y universal, muestran una tendencia similar respecto al porcentaje de contenido de finos, siendo mayores para el modelo simplificado. A su vez, presentan un mismo comportamiento si se determinan bajo la placa de carga o en la mitad del eje del modelo estructural del pavimento diseñado y utilizado.

Dado el comportamiento de los módulos resilientes de la base granular estudiada, se observa que se presenta el mayor valor para un 3% de contenido finos, seguido por los valores de módulos para el 7% de contenido finos y el menor valor de módulo resiliente para el 5% de contenido de finos.

Los resultados obtenidos en este estudio se contrastaron con los reportados en otras investigaciones, se debe tener en cuenta que la presente investigación se realizó teniendo como referencia solo el porcentaje de finos y su influencia en el módulo resiliente de una base granular, pero se sabe que el módulo resiliente de una base granular está influenciado por parámetros como el tipo de finos, el contenido de humedad, el índice de plasticidad, la relación de polvo y las características de deformación, aspectos investigados por [14], donde se encontró que los efectos del porcentaje de finos sobre el módulo y el comportamiento de deformación dependen de la relación de polvo, el aumento de esta relación de 0,4 a 0,6 y eventualmente a 1,0 aumenta las deformaciones y disminuye los módulos elásticos para un porcentaje de finos del 5%. Se observó una tendencia opuesta cuando la relación de polvo aumenta de 0,4 a 0,6 y eventualmente a 1,0 al 12% de porcentaje de finos.

Un estudio en el que se evaluó una base de agregado no ligado bajo diferentes contenidos de humedad y diferentes contenidos de finos, encontró que la resistencia disminuye sistemáticamente a medida que se aumenta el contenido de humedad, las probetas preparadas con un 1% menos que la humedad óptima tiene una resistencia más alta. Los módulos óptimos se obtuvieron con contenidos de finos del 5 y 10% para la base granular no ligada [4].

Según [7] el CBR, tanto en condiciones secas como saturadas, tienen un valor máximo al 5% de contenido de finos, este contenido de finos es la cantidad requerida para llenar los vacíos de la mezcla de partículas de grava y arena, más allá de lo cual se pierde su contacto y disminuye la resistencia al corte y, para un contenido de finos inferior al contenido óptimo, el componente de fricción de la fuerza se reduce, lo que da como resultado un CBR más bajo.

En otro estudio se encontró que los aumentos en la cantidad de finos tienen un gran impacto en las propiedades mecánicas de los materiales de base granular no ligada, en el rango de 5 a 10% de finos, la base



es menos susceptible a la humedad, tiene mayor resistencia a la compresión y un valor de módulo elástico más alto [8].

Diversas investigaciones concluyen que entre mayor es la presencia de finos en un material granular la rigidez tiende a disminuir, en general materiales densos bien gradados usualmente tienen la más alta resistencia mecánica con contenidos de finos por debajo de 9% y se reporta un incremento notable en el módulo resiliente cuando el contenido de finos aumenta de 7% a 10%. Sin embargo, algunos autores indican que no existe una tendencia general de la evolución del valor del módulo con el contenido de finos y su grado de influencia depende del tipo de material estudiado [15].

En una investigación se determinó el efecto del contenido de partículas finas en materiales pétreos granulares sobre propiedades particulares de la capa base no estabilizada, evaluando porcentajes de partículas finas entre 0% y 10% en masa, se encontró que las partículas finas de piedra tienen un efecto positivo y aumenta la capacidad de carga en un contenido no superior al 5% en masa; para porcentajes más altos, la capacidad portante disminuye [16].

En un estudio se realizó pruebas sobre una base granular, entre otras, de resistencia, en la cual se preparó muestras con cuatro valores diferentes de porcentaje de finos que oscilaban entre el 0% y el 20%. Este estudio mostró que la densidad seca máxima y el valor CBR de los agregados alcanzó los valores más altos con el 5% de porcentaje de finos y disminuyó para el 20% de porcentaje de finos [3].

Los resultados de las diferentes investigaciones sobre la influencia del porcentaje del contenido de finos en el módulo resiliente de una base granular se pueden resumir así:

- Entre mayor es la presencia de finos en un material granular la rigidez tiende a disminuir.
- Los módulos óptimos se obtienen con contenidos de finos entre el 5 y 10%.
- En general materiales densos bien gradados usualmente tienen la más alta resistencia mecánica con contenidos de finos por debajo de 9%
- Se reporta un incremento notable en el módulo resiliente cuando el contenido de finos aumenta de 7% a 10%.
- Algunos autores indican que no existe una tendencia general de la evolución del valor del módulo con el contenido de finos y su grado de influencia depende del tipo de material estudiado.
- Las partículas finas de piedra tienen un efecto positivo y aumenta la capacidad de carga en un contenido no superior al 5% en masa; para porcentajes más altos, la capacidad portante disminuye.

Teniendo como base los resultados de las diferentes investigaciones reseñadas y los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede inferir lo siguiente:

- Los resultados del presente estudio concuerdan con los resultados de las demás investigaciones en que el módulo resiliente de la base granular aumenta para porcentajes de finos del 5% al 7%.
- En el presente estudio se encontró que para un 3% de finos contenidos en la base granular, el módulo resiliente es mayor que para el 5% y 7% de finos, no se encuentran referentes al respecto por lo que no es posible contrastar dicho resultado.
- De otro lado, una de las motivaciones que llevó a determinar la resistencia mecánica de la base granular con el 3% de finos es el hecho de que el Instituto Nacional de Vías en las especificaciones generales de construcción de carreteras, artículo 330 establece que para una base granular BG-27, el pasa 200 puede estar entre el 0% y el 9%. Sin embargo, la evidencia no indica que un material granular con el 0% de finos sea recomendado.
- Dado lo anterior, los resultados obtenidos en el presente estudio abren la posibilidad a nuevas investigaciones con el ánimo de profundizar en el tema y tener mayor evidencia que permita la toma de decisiones en aras de obtener el rango adecuado del contenido de finos para una determinada clase de base granular a utilizar en una capa de una estructura de pavimento flexible.

## 5. CONCLUSIONES

La caracterización del material granular utilizado permitió determinar que cumple los requisitos exigidos por las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS 2022 para base granular clase C y para un nivel de tránsito NT1.

Se diseñó, fabricó, ensayó y evaluó briquetas de base granular de gradación gruesa con tres diferentes porcentajes de finos, 3%, 5% y 7% y se encontró que con el contenido de finos del 3% se obtiene el mayor valor de módulo resiliente, seguido por los valores de módulos para el 7% de contenido finos y el menor valor de módulo resiliente para el 5% de contenido de finos.

Los resultados de los módulos resilientes obtenidos para la base granular por los modelos simplificado y universal, muestran una tendencia similar respecto al porcentaje de contenido de finos, siendo mayores para el modelo simplificado. A su vez, presentan un mismo comportamiento si se determinan bajo la placa de carga o en la mitad del eje del modelo estructural del pavimento diseñado y utilizado.

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con los resultados reportados por otras investigaciones en el sentido de que el módulo resiliente de la base granular aumenta para porcentajes de finos del 5% al 7%, no así para el contenido de finos del 3% para el cual no se encuentra evidencia al respecto.

Los resultados presentados en este trabajo de investigación son representativos para el material trabajado en este proyecto, por lo tanto, es importante tener en cuenta que estos resultados no son necesariamente aplicables a otros tipos de materiales o a diferentes condiciones de energía de compactación y humedad. Sin embargo, estos resultados pueden servir como una base para futuros estudios y para la evaluación de la resistencia de una estructura de pavimento a la deformación.

## REFERENCIAS

- [1] DANE. (2023). Metodología general indicador de mezcla asfáltica-IMA. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Colombia.
- [2] Ministerio de Transporte. (2021). Transporte en cifras. Anuario Nacional de Transporte.
- [3] Thai H. et al. (2021). Effects of fines content and maximum particle size on mechanical properties and saturated hydraulic conductivity of recycled concrete aggregates for unbound roadbed materials in Vietnam. *Japanese Geotechnical Society* 9(6), 239-244.
- [4] Morales S. y Zuniga I. (2023). Impact of fines on various base material properties. *Transport. Research Record*.
- [5] Anh V. et al. (2016). Effects of fines contents on engineering properties of sand-fines mixtures. *Procedia Engineering* 142, 213-220.
- [6] Mehmood K. et al. (2018). Comparison of performance of base-course aggregates for limestone and sandstone at varying moisture and gradation. *Jordan Journal of Civil Engineering* 12(2).
- [7] Taherkhani H. y Valizadeh M. (2016). An investigation on the effects of aggregates properties on the performance of unbound aggregate base layer. *International Journal of Transportation Engineering* 3(2).
- [8] Gandara J. et al. (2005). Impact of aggregate gradation on base material performance. *Materials Science*.
- [9] Siswosoebrotho B. et al. (2005). The influence of fines content and plasticity on the strength and permeability of aggregate for base course material. *Materials Science*.
- [10] Thai H. et al. (2021). Effects of particle size and type of aggregate on mechanical properties and environmental safety of unbound road base and subbase materials: A literature review. *International Journal of Geomate* 20(78), 148-157.
- [11] INVÍAS. (2022). Especificaciones generales de construcción de carreteras. Instituto Nacional de Vías. Colombia.
- [12] Salmi A. et al. (2019). Two unbound granular materials stiffness analysis with staged repeated load CBR test. En *Matec Web of Conferences*.
- [13] Pérez I. et al. (2000). Propiedades mecánicas de las capas de base y subbase construidas con materiales granulares en los firmes de carreteras. VI Simposio de Carreteras y Aeropuertos. En *Décima Conferencia Científica de Ingeniería y Arquitectura del ISPJAE*. La Habana, Cuba.
- [14] Abdolreza O. et al. (2021). Properties of aggregate fines influencing modulus and deformation behaviour of unbound aggregates, *International Journal of Pavement Engineering* 22(4), 498-513.
- [15] Rondón H. y Reyes F. (2007). Comportamiento resiliente de materiales granulares en pavimentos flexibles: Estado del conocimiento. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 6(11), 65-90.
- [16] Babić B. et al. (2000). Effect of fine particles on some characteristics of granular base courses. *Materials and Structures* 33, 419-424.

# Zonificación de amenaza por inundación debido al desborde del río Magdalena en el municipio de Puerto Boyacá, Colombia

Nancy Liliana Uribe García<sup>1</sup>  
Mildred Liliana Monsalve Barragán<sup>2</sup>  
Olga Lucía Vanegas Alfonso<sup>3</sup>  
*Universidad Santo Tomás, Colombia*

El municipio de Puerto Boyacá se ubica en el costado derecho del río Magdalena, posee pendientes planas y sus características geomorfológicas están asociadas principalmente a ambientes aluviales. Estas condiciones, más la ocupación indebida del territorio, configuran fenómenos como las inundaciones, las cuales traen consigo problemáticas sociales y ambientales que ponen en riesgo la economía y la vida misma en la región. En este estudio se determina, analiza y zonifica la amenaza ante este fenómeno en el municipio, siguiendo lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en lo que respecta a la integración de la gestión del riesgo de desastres en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS. Se encontró que 39% del municipio está en un nivel medio de susceptibilidad a inundaciones; que la amenaza por inundaciones, clasificada como alta, media y baja, predomina en este último nivel en 77% del territorio; y que en 10% del casco urbano, en los barrios ubicados sobre el litoral derecho del río Magdalena, esta amenaza se encuentra en nivel alto.

---

<sup>1</sup> Ingeniera Ambiental. Contacto: [liliana.uribega@gmail.com](mailto:liliana.uribega@gmail.com)

<sup>2</sup> Ingeniera Civil. Contacto: [mildredmonsalve@usantotomas.edu.co](mailto:mildredmonsalve@usantotomas.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniera civil, Magíster en Gestión del riesgo y Desarrollo, y Magíster en Educación. Contacto: [olgalucia8888@gmail.com](mailto:olgalucia8888@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

El progresivo aumento del nivel de las cotas de agua de un afluente y la superación de sus barreras, bien sean naturales o artificiales, es un fenómeno hidrológico conocido como inundación. Este fenómeno se produce, generalmente, por el aumento de la precipitación y su intensidad, lo que ocasiona el desbordamiento de los cauces y la dispersión de las aguas sobre zonas no sumergidas [1].

Las zonas más susceptibles a este tipo de fenómenos son aquellos asentamientos sobre las riberas de los ríos, especialmente las que habitan las cuencas de alta pendiente donde la dinámica fluvial posee características torrenciales [2], caso de la Región Andina de Colombia y los extensos valles aluviales donde predominan las pendientes bajas, como la del río Magdalena, el cual recorre el país a través de 1.540 km.

Limitando con los departamentos de Santander, Cundinamarca y Antioquia, Puerto Boyacá se ubica en el extremo occidente de Boyacá y hace parte de la cuenca del río Magdalena. Fluvialmente se encuentra delimitado así: Río Ermitaño, por el norte; Negro y Guaguaquí, por el sur; y el río Magdalena en todo su margen occidental como se muestra en la Figura 1. El municipio, según información del Plan de Desarrollo Municipal de Puerto Boyacá 2020-2023, posee una extensión territorial de 150.359,61 hectáreas, de las cuales menos del 1% corresponde a zona urbana y el 99,7% a zona rural.

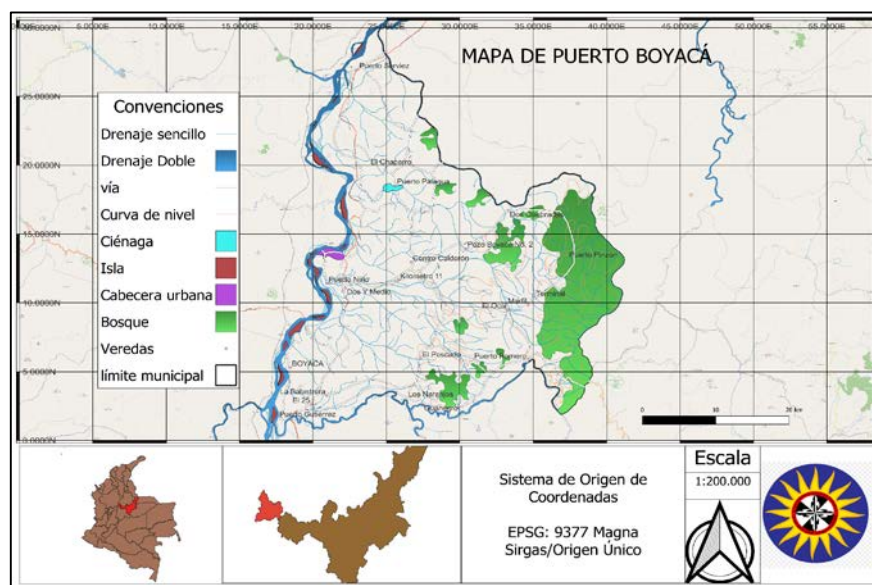


Figura 1. Cartografía básica municipio de Puerto Boyacá

Su asentamiento en la ribera de uno de los ríos más caudalosos del continente hace que este municipio sea susceptible a eventos de inundación. Del mismo modo, aspectos tales como alteraciones en el uso del suelo (principalmente por alteraciones de orden antrópico, como urbanizaciones, tala excesiva, secado de humedales, por ejemplo) ocasionan una modificación de las características hidrológicas e hidráulicas en las cuencas, intensificando el nivel de amenaza ante este tipo de eventos.

En este trabajo se determinan las zonas más susceptibles a este fenómeno, así como el respectivo análisis y zonificación de amenazas; además, se evalúan y proponen medidas, ya sean de tipo correctivas, prospectivas o de adaptación, que propendan por una mejora en los métodos de planificación y ordenamiento territorial y también a minimizar daños y pérdidas socioeconómicas. Para este propósito se utilizan herramientas de información geográfica, información primaria y secundaria, como trabajo de campo, documentos oficiales del municipio y el departamento, y se sigue un proceso metodológico de acuerdo a la normatividad colombiana vigente.

## 2. MARCO REFERENCIAL

La ubicación geográfica del municipio de Puerto Boyacá sobre la llanura del río Magdalena, la ocupación del territorio (otrora humedales que favorecen el proceso de infiltración del agua), la deforestación y las

actividades ganaderas desarrolladas en él, se constituyen como tensionantes y propician eventos de riesgo de desastres que, debido al cambio climático, tienden a ser cada vez más recurrentes y potencialmente más destructivos. Dadas estas condiciones, las poblaciones que habitan las riberas de los ríos son las más vulnerables ante fenómenos naturales como las inundaciones.

Las inundaciones, al ser producidas por las condiciones hidrometeorológicas del territorio en el cual ocurren, generan impactos más frecuentes y más localizados; sin embargo, a mayor frecuencia, la acumulación de estos en el tiempo significa grandes pérdidas tanto económicas como humanas. Estos eventos han ocasionado la destrucción del 43% de las viviendas y la pérdida del 10% de vidas humanas en el territorio nacional, según las cifras aportadas por el Banco Mundial [3], de acuerdo a la información dispuesta en la base de datos DesInventar [4].

De acuerdo al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM [3], los registros históricos (1970-2000) sobre los cambios en la precipitación muestran que el cambio climático tiene efectos considerables en las condiciones de amenaza a la que se encuentran expuestas algunas zonas del país. Junto a esto, factores asociados a la mala planificación territorial urbana y rural conducen a incrementar la susceptibilidad ante este tipo de eventos, por lo que recomiendan fortalecer el monitoreo y el análisis de estas variables y los modelos que se usan en el país.

En el contexto local del municipio, la delimitación de áreas expuestas al fenómeno natural en estudio se incorpora de manera esquiva dentro del Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT [5], adoptado en 2004. Este plan se modificó en el año 2016 y en él se menciona el conflicto entre las áreas potencialmente expuestas a inundación y aspectos asociados al uso del suelo. Además, en este se plantean estrategias para la reubicación de la población afectada por inundaciones en la ola invernal del año 2011, dejando entrever la desarticulación de las políticas de gestión de riesgo de procesos sociales que se deben llevar a cabo en las estrategias de relocalización en áreas seguras [6]. Este aspecto propicia la ocupación de áreas susceptibles a inundación y, por tanto, la continuidad de la problemática.

Adicionalmente, otro instrumento de ordenamiento territorial, el Plan Municipal de Gestión del Riesgo PMGR [7], elaborado en el año 2012, se encuentra desactualizado. En este documento, respecto a las inundaciones producidas por el desbordamiento del río Magdalena, se proponen estrategias enfocadas en aspectos tales como el conocimiento, la reducción, y la transferencia del riesgo; así mismo, el fortalecimiento de la institucionalidad y de la comunidad ante este tipo de eventos. Sin embargo, son pocas las acciones que se han logrado concretar de este plan, a pesar de la construcción de un tramo de muro de contención para evitar las inundaciones, este ha sido sobrepasado en diversas ocasiones y la comunidad sigue experimentando la misma problemática.

En ese sentido, en Puerto Boyacá se hace necesario adelantar acciones orientadas al conocimiento y la reducción del riesgo de desastres, como fenómenos de inundación, dado que la aplicación de metodologías que permitan estimar el alcance de estos fenómenos son fundamentales para la planificación y ordenamiento territorial, toda vez que respetar las áreas delimitadas conlleva a minimizar daños y pérdidas.

Así las cosas, y teniendo en cuenta que el desbordamiento del río Magdalena es la principal causa de las inundaciones producidas en el área de estudio, en este trabajo se da respuesta a la pregunta de investigación: ¿cuáles son las áreas más propensas a sufrir inundación en el municipio de Puerto Boyacá? Responder esta pregunta sugiere hacer un análisis de la precipitación dentro de la zona de estudio y, así mismo, definir el grado de amenaza en el que se encuentra el municipio respecto a este tipo de eventos.

De igual modo se propone una serie de medidas ya sean de tipo correctivas, prospectivas o de adaptación, con el ánimo de que sirvan como insumo para el ordenamiento territorial y evitar o mitigar futuros daños materiales o ambientales o pérdidas humanas ocasionados por estos fenómenos naturales.

El alcance de este proyecto deriva en la construcción de un mapa de zonificación de la amenaza por inundación en el municipio de Puerto Boyacá. El proyecto fue realizado con base en la cartografía existente en la zona de estudio a escala 1:25000, por lo que el levantamiento de información primaria no estuvo

contemplado en este y los resultados son meramente teóricos. Además, se acotó el registro de inundaciones a las presentadas solamente debido al desbordamiento del río Magdalena, principal afluente de la zona de estudio.

Las principales limitaciones estuvieron dadas por la consecución de la información, pues mucha de esta no se encuentra dentro de las escalas apropiadas, o no correspondieron con las especificaciones técnicas necesarias para el desarrollo del proyecto. Del mismo modo, para el análisis del evento detonante, la precipitación, solo se contó con tres estaciones de medición dentro del área de estudio, aspecto que limitó los resultados asociados a este parámetro.

La normatividad colombiana estipula la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y, a través de distintas normas, da las directrices para su correcta incorporación (Tabla 1).

**Tabla 1.** Normativa legal vigente relacionada con la investigación

Norma	Descripción
Decreto 1232 de 2020	En este decreto se hacen una serie de modificaciones respecto al ordenamiento territorial al decreto 1077 de 2015; el cual regula el sector vivienda, la ciudad y el territorio.
Resolución 751 de 2018	A través de esta resolución, emanada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se adopta la guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico continental superficial PORH. En esta guía se establecen las directrices generales para la formulación de dichos planes, que deberán aplicar las autoridades ambientales competentes.
Decreto 1077 de 2015	Establece en su sección 3 las condiciones y escala de detalle a las cuales se debe incorporar, de forma paulatina, la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial.
Decreto 1076 de 2015	Reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.
Decreto 1807 de 2014	Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones. El decreto establece en, su artículo quinto, las restricciones y escalas de referencia para incorporar de forma gradual la gestión del riesgo en los POT, tanto a mediano como largo plazo.
Resolución 1907 de 2013	Por la cual se expide la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
Ley 1523 de 2012	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1640 de 2012	Este decreto reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, en lo que respecta a temas de agua, cuencas hidrográficas y planes nacionales.
Decreto 4147 de 2011	Creación de la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres UNGRD; se establece su estructura y los objetivos a cumplir.
Ley 46 de 1988	Creación del sistema Nacional para la prevención y atención de desastres.

### 3. MÉTODO

El proceso metodológico que se llevó a cabo tuvo como base principal la guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (Figura 2), proferida por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en 2014, específicamente lo expresado en el anexo B en lo referente a la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCAS [8].



**Figura 2.** Proceso metodológico

Con el propósito de consolidar información respecto a las características de los sucesos de inundación ocurridos en el área de estudio se realizó un inventario histórico de eventos en el periodo comprendido

entre 1974 y 2023. Para ello se realizó la recopilación, revisión, análisis y georreferenciación de los reportes obtenidos a través de la información primaria y secundaria recolectada.

Las fuentes de información secundarias consultadas corresponden con planes de ordenamiento territorial y el plan de gestión de riesgo municipal, además se consultó información disponible en la página de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de desastres UNGRD, el Sistema de Inventario de Desastres [4] y reportes noticiosos de varios medios de comunicación colombianos. Por su parte, la información primaria deriva del trabajo de campo y una entrevista estructurada con el capitán del cuerpo de bomberos voluntario de Puerto Boyacá. Finalmente, con la información obtenida se creó un archivo en hoja electrónica, el cual fue procesado y posteriormente exportado a QGIS para realizar el catálogo histórico de las inundaciones

### 3.1 Localización de las inundaciones

Las inundaciones históricas fueron trabajadas en formato vectorial tipo punto en el software QGIS teniendo en cuenta las coordenadas obtenidas tanto en campo, así como de la información secundaria recolectada. A estos eventos se les realizó una jerarquización de acuerdo a los criterios definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [8], en el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los POMCAS, específicamente siguiendo lo propuesto por la Corporación de Cuencas del Tolima-CORCUENCAS [9], los cuales se describen en la Tabla 2.

**Tabla 1.** Jerarquización de las Inundaciones [9]

Ocurrencia	Reporte	Comunidad	Campo	Jerarquía
< a 15 años	X	X	X	Alta
< a 15 años		X	X	Alta
< 15 años	X			Alta
Entre 15 y 50 años	X	X	X	Media
Entre 15 y 50 años		X	X	Media
Entre 15 y 50 años	X		X	Media
> 50 años			X	Baja
> 50 años		X		Baja
> 50 años	X			Baja

### 3.2 Factores condicionantes

Estos factores, partiendo de características de inestabilidad o variabilidad con el tiempo, son los que predisponen el terreno ante la presencia de amenazas [10]. Para este trabajo se tuvo en cuenta el agente condicionante propuesto en el protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los POMCAS, a saber: las subunidades geomorfológicas SG y la pendiente como parámetro morfométrico que puede favorecer la acumulación de agua en terrenos llanos. Estas capas fueron proporcionadas por la alcaldía municipal.

#### 3.2.1 Subunidades geomorfológicas SG

La calificación de las SG se registra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Calificación de las subunidades geomorfológicas [9]

ID_UN_GEOM	Subunidad Geomorfológica	Calificación
Ar	Planos y rellenos antrópicos	Media
Datp	Terrenos planos	Media
Dcrem	Cerro remante	Bajo
Dcrs	Cerro residual	Bajo
Deem	Escarpe de erosión mayor	Baja
Deeme	Escarpe de erosión menor	Baja
Dp	Planicie	Baja
Fbp	Barra puntual	Alta
Fca	Cauce aluvial	Alta
Fpi	Planicie de inundación	Alta
Fta	Terraza de acumulación	Media



Ftar	Terraza de acumulación reciente	Media
Ftas	Terraza de acumulación sub-reciente	Media
Sclc	Ladera de contrapendiente de cuesta	Baja
Scle	Ladera estructural de cuesta	Baja
Sl	Lomo estructural	Baja
Ss	Sierra	Baja
Dlpd	Lomeríos poco disectados	Baja

### 3.2.2 Pendientes

La calificación de acuerdo con la pendiente de muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Clasificación de acuerdo a la pendiente

Pendiente en%	Descripción	Valor	Clasificación
0-3	Plano	5	Muy alto
3-7	Ligeramente inclinado	5	Muy alto
7-12	Moderadamente inclinado	4	Alto
12-25	Fuertemente inclinado	3	Moderado
25-50	Ligeramente escarpado	3	Moderado
50-75	Moderadamente escarpado	2	Bajo
> 75	Fuertemente escarpado	1	Muy bajo

### 3.3 Zonificación de la susceptibilidad total a inundaciones

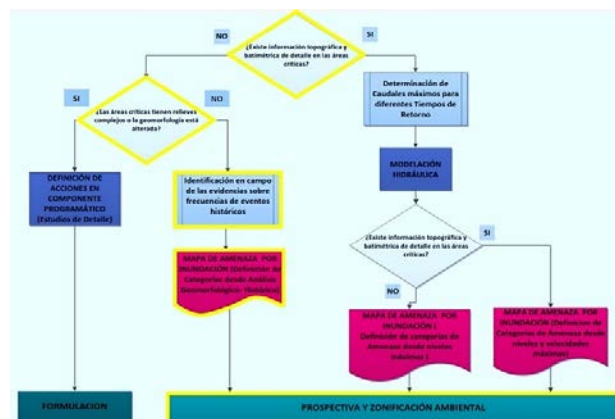
Para delimitar las áreas de susceptibilidad a inundaciones, se sintetizan en una salida intermedia los eventos de inundación histórica y la susceptibilidad por geomorfología siguiendo los criterios de la Tabla 5.

**Tabla 5.** Grado de Susceptibilidad Total

Grado de Susceptibilidad	Descripción
Alta	Geoformas que denotan procesos activos o inundaciones periódicas (ej. cauces aluviales, llanuras de inundación, terrazas bajas, albardón, trenzado, entre otras) y áreas en donde coincidan dos o más puntos de eventos históricos.
Media	Geoformas que denotan procesos intermitentes (ej. terrazas medias, meandros, entre otras) y áreas en donde al menos un punto de evento histórico haya sido identificado.
Baja	Geoformas que denotan procesos antiguos (ej. terrazas altas)

### 3.4 Zonificación del grado de amenaza por inundación

Los métodos y herramientas aplicados para la zonificación de la amenaza a inundación, así como sus escenarios, varían de acuerdo al nivel y veracidad de información existente y se ha aplicado a aquellas áreas clasificadas como críticas, es decir, aquellas que presenten mayor susceptibilidad ante el evento [11]. Así las cosas, de acuerdo al trabajo de campo realizado y al análisis de información satelital, se identificaron y delimitaron las áreas paralelas al río Magdalena sobre la margen del municipio de Puerto Boyacá, que debido a sus condiciones topográficas se encuentran más expuestas a la inundación (Figura 3).



**Figura 3.** Diagrama de flujo elaboración mapa de amenaza por inundación

### 3.4.1 Factor detonante (Precipitación)

El factor lluvias se estima como principal elemento detonante de una inundación dado a que a mayor precipitación es más probable la ocurrencia de un evento de inundación. Para este estudio se tuvo en cuenta la precipitación media mensual multianual medida en las estaciones Puerto Boyacá, Puerto Niño y El Trique, siendo las más cercanas a la zona de interés. Luego, mediante Qgis se halló la precipitación en la zona de estudio, posteriormente, a los valores de precipitación media mensual multianual se les realizó la reclasificación que se muestra en la Tabla 6, para así calificar el grado de amenaza de acuerdo a este criterio y relacionado en la Tabla 7.

**Tabla 6.** Grado de amenaza por precipitación

P (mm)	Valor	Calificación
>192	3	Alta
192-187	2	Media
<187	1	Baja

**Tabla 7.** Categorización de amenaza por inundación

Grado de Amenaza	Descripción
Alta	Geoformas asociadas a procesos activos fluviales lentos (valles aluviales, terrazas bajas, albardón, planos de inundación, Fpi, Fca), evidencias de inundación recientes o actividad fluvial reiterada identificadas en el análisis multitemporal y de eventos históricos con recurrencias menores o iguales a 15 años.
Media	Geoformas asociadas a procesos intermitentes fluviales lentos (ej. terrazas medias, meandros, Fta, Ftas), procesos erosivos y sedimentarios suavizados, además de eventos históricos con recurrencia mayor a 15 y hasta 50 años de período de retorno y evidencias de inundaciones recientes.
Baja	Terrazas altas, escarpes, lomos, y eventos mayores a 50 años de periodo de retorno.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En Puerto Boyacá las inundaciones son ocasionadas por tres factores principales. El primero son las crecientes lentas, que se origina por el río Magdalena, el cual moviliza la onda de creciente de la parte Andina y al transitar por Puerto Boyacá lo hace de manera lenta. También este afluente es responsable del segundo factor: las crecientes súbitas, que se originan, principalmente, por los aportes del río La Miel y el río Negro, a 35 km aguas arriba, que presentan crecientes muy altas y que al transitar por el casco urbano municipal lo realiza de forma rápida. El tercer tipo de inundación presente en la zona de estudio es la pluvial, que se manifiesta debido al colapso de las redes de alcantarillado o de aguas lluvias cuando las descargas son superiores a las normales (Figura 4).



**Figura 4.** Tipos de inundaciones presentadas en Puerto Boyacá

El fenómeno de inundaciones se presenta regularmente en el municipio de manera bimodal entre los periodos 15 de marzo a 15 de junio y 15 de septiembre a 15 de diciembre. Estas situaciones son típicas de un municipio ribereño; sin embargo, como consecuencia del cambio climático y la alteración consecuente del régimen de precipitaciones, ha habido años enteramente secos o enteramente húmedos. Además, se observa que la ola invernal se está presentando de manera anticipada pues en enero del presente año, por ejemplo, se llegó a alcanzar los niveles del río típicos de los meses de lluvia, niveles altos que generalmente se presentaban en los meses de abril – mayo y generaban las situaciones de alerta en el municipio.

## 4.1 Factores condicionantes

### 4.1.1 Subunidades geomorfológicas

En la Figura 5 se muestran las zonas que de acuerdo a las subunidades geomorfológicas son más propensas a sufrir inundaciones; encontrando que presentan alta susceptibilidad las formas asociadas a cauces aluviales y las barras puntuales. En general estas son zonas cuyo desarrollo está ligado a un sistema fluvial, asociadas al desborde del río en épocas de gran pluviosidad dado que estas corrientes aumentan su cota de nivel, afectan los planos anegadizos y generan encharcamiento [10].

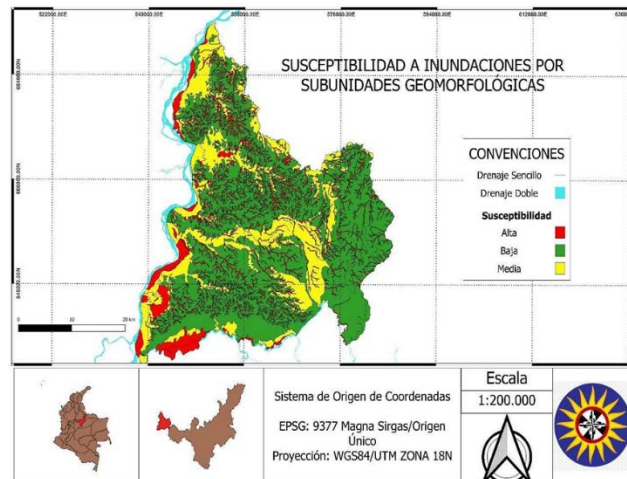


Figura 5. Susceptibilidad a Inundaciones por subunidades geomorfológicas

### 4.1.2 Pendientes

La Figura 6 contiene la clasificación de susceptibilidad por pendientes así, categoría muy alta se encuentran las planicies con un desnivel del 0-7% de inclinación, las cuales se distribuyen alrededor de las principales corrientes hídricas con predominante extensión en las planicies de inundación de los ríos Magdalena, Negro, quebrada Velásquez y los alrededores de la ciénaga de Palagua, abarcando un área de 54.588 ha correspondientes al 36,8% del área de estudio. En categoría alta se encuentran las pendientes moderadamente inclinadas (7-12%), intersectadas por los principales caños que discurren por el municipio, dentro de los que destacan el caño Palagua, quebrada La Pizarra y quebrada Las Pavas. Estas pendientes ocupan el 23,12% del área de estudio, correspondiente a 34.294,4 ha

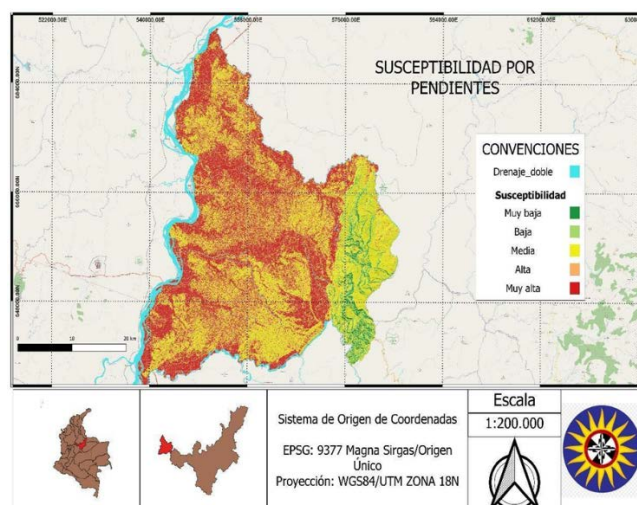


Figura 6. Susceptibilidad por pendientes

La categoría media está asociada a pendientes que van de fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas (12-50%), distribuidas en los cerros y gran parte hacia la zona oriental del municipio, ocupando un área total

de 4.846,2 ha, correspondiente al 3,26% del área de estudio. Las categorías baja y muy baja están representadas por pendientes moderadamente escarpadas y fuertemente escarpadas (>50%), distribuidas en la zona oriental del municipio dentro del Parque Natural Regional Serranía de las Quinchas, y en límites con el municipio de Otanche. Estas ocupan una extensión que supera las 54.000 ha y corresponde con el 36,79% de la zona de estudio.

#### 4.1.3 Susceptibilidad geomorfológica a inundaciones

En la Figura 7 se refleja una alta susceptibilidad a inundaciones en zonas planas con pendientes pequeñas que coinciden con geformas de origen aluvial, cauces aluviales, llanuras de inundación y barras puntuales, mientras que es de muy bajo para unidades geomorfológicas conformadas por escarpes de erosión mayor, laderas de contrapendiente y laderas estructurales de cuesta, las cuales corresponden con pendientes fuertemente inclinadas y escarpadas. El nivel medio de susceptibilidad se da en las geformas asociadas a las terrazas aluviales y lomeríos poco disectados que coinciden con pendientes moderadas, es decir entre el 12 y el 50%.

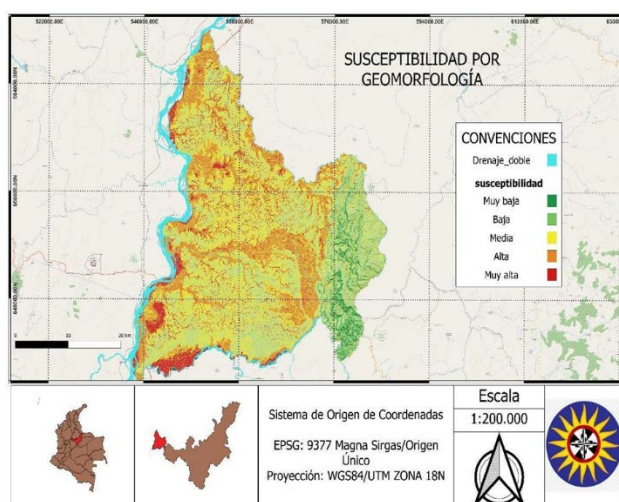


Figura 7. Susceptibilidad por geomorfología

#### 4.2 Zonificación de la susceptibilidad a inundaciones

De acuerdo al registro de eventos de inundación presentado anteriormente, se observa que estos se concentran mayoritariamente sobre la margen derecha del río Magdalena, al extremo occidental del municipio, con un contraste muy marcado sobre su parte urbana. Estos registros sobrecalifican esencialmente geformas de origen fluvial y lagunar asociadas a este gran afluente. Así mismo, luego del cruce de las capas de susceptibilidad por pendiente, susceptibilidad por geomorfología y la frecuencia de eventos de inundación, se logró zonificar la susceptibilidad a inundaciones en el municipio (Figura 8).

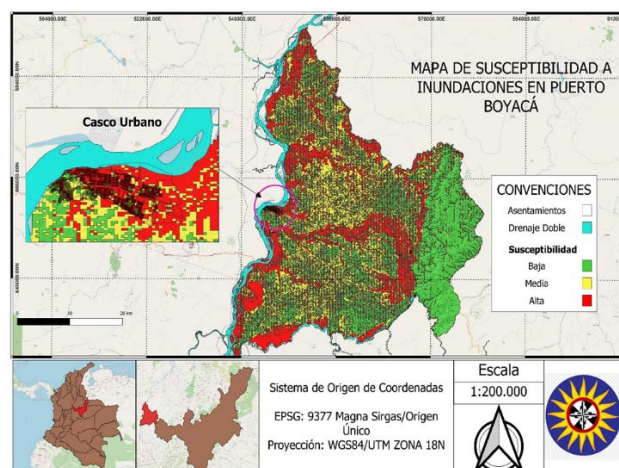


Figura 81. Susceptibilidad a inundaciones en Puerto Boyacá

Los resultados consolidados en la Tabla 8 evidencian que gran parte de la zona de estudio (39%) se encuentra en un grado de susceptibilidad media ante inundaciones; esto representa un área de aproximadamente 58.000 ha dentro de las que destacan geoformas asociadas a ambientes fluviales y procesos intermitentes como, por ejemplo, las terrazas de acumulación, terrenos planos y rellenos antrópicos.

**Tabla 8.** Área susceptible a inundaciones en Puerto Boyacá

Grado de Susceptibilidad	Área (ha)	Área (%)
Alta	40.153,62	27
Media	57.492,15	39
Baja	49.972,64	34

La susceptibilidad alta (27%) se presenta en aquellas áreas donde se denotan procesos repetitivos de inundaciones periódicas, ejemplo: los cauces aluviales, algunas terrazas de acumulación reciente y planicies de inundación. Esta abarca un área de más de 40.000 ha distribuidas alrededor de las principales redes de drenaje del municipio: río Magdalena, río Ermitaño, río Guaguaquí, río Negro y quebrada La Velásquez. También es de destacar que gran porcentaje del casco urbano municipal se encuentra ubicado dentro de este grado de susceptibilidad a inundaciones, como también los centros poblados Puerto Serviez y Puerto Gutiérrez.

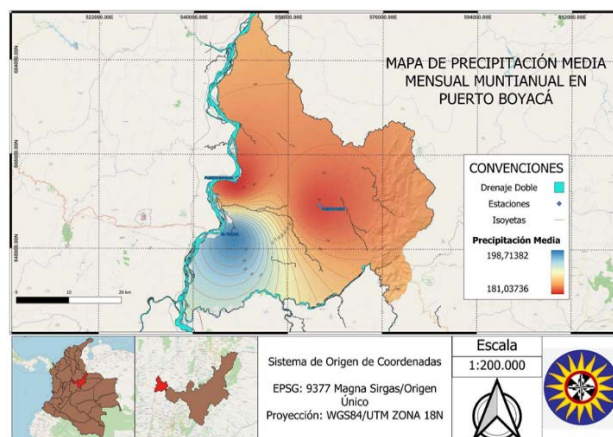
Por su parte, la susceptibilidad baja está dada por geoformas asociadas a ambientes estructurales y de origen erosional en virtud de sus pendientes. Estas abarcan un área de un poco más de 49.000 ha (34% de la zona de estudio) relacionadas principalmente con lomos, lomeríos y pendientes altas, como las que se presentan en la Serranía de las Quinchas.

#### 4.2.1 Precipitación

El clima es el factor detonante de las inundaciones a través de su componente lluvia, pues a mayor precipitación existe mayor probabilidad de la ocurrencia de un evento de inundación. Para medir este parámetro se utilizaron las estaciones encontradas dentro del área de estudio (Tabla 9). Estas pertenecen al IDEAM y tienen datos climatológicos desde el año 1974 hasta el 2015, los cuales fueron procesados obteniendo así el valor de la precipitación media mensual multianual para el área de interés (Figura 9).

**Tabla 9.** Estaciones de medición de precipitación en el área de estudio

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Precipitación Media Mensual Multianual (mm)
23115010	Puerto Boyacá	5,97833333	-74,5666667	350	181,02
23110030	Puerto Niño	5,93752778	-74,4217778	150	181,96
23110040	El Trique	5,88088889	-74,5683417	179	198,73



**Figura 9.** Mapa de precipitación

La Figura 9 ilustra una precipitación media que varía entre los 181 y los 198 mm/mes, que se distribuyen en mayor concentración hacia la parte sur-occidental del municipio, propiciando así que lugares como el

Trique, Puerto Gutiérrez, Puerto Niño y Guanegro tengan mayores valores de precipitación y, por tanto, de acuerdo a este parámetro, sean más propensos a sufrir inundaciones (Figura 10).

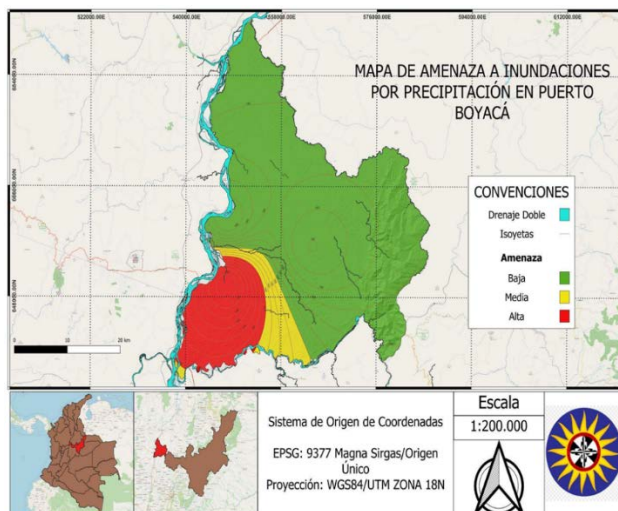


Figura 10. Mapa de amenaza a inundaciones debido a la precipitación

### 4.3 Zonificación de la amenaza por inundación

Teniendo en cuenta las áreas críticas de susceptibilidad, las evidencias de inundación y la temporalidad de estos eventos, además de la precipitación como principal factor asociada a la ocurrencia de los mismos, se llega al resultado de amenaza (Figura 11) donde son clasificadas 5103,73 hectáreas con amenaza alta (representando un 3% de la zona de interés). Este grado de amenaza se distribuye principalmente alrededor de la franja derecha del río Magdalena con un contraste bien marcado hacia la parte sur-occidental, coincidiendo con las zonas donde se concentran las mayores precipitaciones, y donde hay evidencia de inundaciones inferiores a los 15 años de ocurrencia, como es el caso de los centros poblados Puerto Serviez, Puerto Gutiérrez y el sector de Morrocaliente.

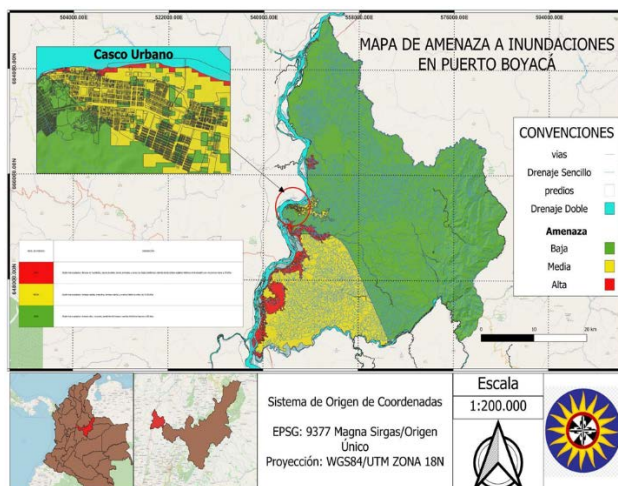


Figura 11. Mapa de Amenaza a inundaciones

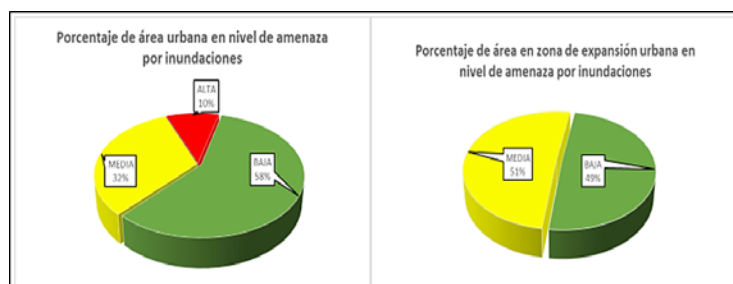
En general, las zonas de amenaza media abarcan aproximadamente 28.800 ha (20%) en donde la recurrencia de los eventos está entre 15-50 años. Esto corresponde con los puntos de inundación identificados principalmente en el casco urbano del municipio y los puntos asociados a una concentración media de la lluvia distribuidos hacia la parte sur-occidental.

Adicionalmente, las zonas con alta pendiente, de las cuales no se cuenta con registro histórico de inundaciones o hay eventos con recurrencia mayores a 50 años, y las áreas con niveles de precipitación bajos, son catalogadas como zonas de amenaza baja. Estas ocupan una extensión de 111501,57 ha (77% del total de la zona de estudio) (Tabla 10).

**Tabla 10.** Análisis del nivel de amenaza en el área de estudio

Nivel de amenaza	Área (ha)	Área (%)
Baja	111501,57	77
Media	28744,70	20
Alta	5103,73	3

El análisis urbano refleja una amenaza alta (10%) para los barrios Caracolí, Brisas del Magdalena y Chambacú, con una extensión de 27,65 hectáreas; a su vez, la amenaza media se concentra en un 32%, con 90,42 ha (es de anotar que dentro de las áreas de expansión definidas en el actual Plan Básico de Ordenamiento Territorial, PBOT, el 51% se encuentra dentro de este grado de amenaza a inundaciones); por su parte, la amenaza baja ocupa una extensión de 162,20 ha (58%) y se localiza hacia el extremo sur del casco urbano, donde se encuentran las principales áreas altas: La Meseta, Monserrate, El Chircal y el sector conocido como Los Tanques (Figura 12).



**Figura 12.** Análisis urbano de la amenaza

La concentración de la amenaza media y alta, tanto en la zona urbana y de expansión urbana, pone de manifiesto la falta de control y aplicación de los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial adecuados, creando así una desarticulación entre la gestión del riesgo de desastres y el desarrollo municipal, lo que eventualmente contribuye al crecimiento de la amenaza y de forma proporcional a la inversión municipal en equipamientos y servicios para la atención de las emergencias, afectando así de manera directa el rubro y la economía municipal.

Las inundaciones en la zona rural, por su parte, repercuten de manera directa en la afectación del sistema productivo campesino, toda vez que la economía de Puerto Boyacá es predominantemente ganadera. En épocas de intensas lluvias las sabanas se inundan disminuyendo de esta manera la disponibilidad del área para el pastoreo del ganado, además también es común que la proliferación de vectores y la contaminación del agua haga que se desaten brotes de enfermedades en los hatos ganaderos y se vea afectada toda la cadena productiva.

La actividad agrícola se ve afectada debido a la pérdida de cultivos, y la disminución de la productividad en los cultivos transitorios. Debido a la anegación de los terrenos durante largos periodos de tiempo se presentan cambios químicos en el contenido del suelo que repercuten en el crecimiento de las plantas, en la presencia de microorganismos, en la textura del suelo y en la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes, aspecto que sumado a la dificultad en las vías de acceso terciarias para la comercialización de los productos afecta el sistema productivo agrícola y el abastecimiento de alimentos.

Finalmente, la falta de un instrumento de mayor jerarquía, como el POMCA (directos al Magdalena entre ríos Negro y Carare, del cual hace parte el municipio, se encuentra en proceso de formulación) desarticula y debilita la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en la planificación y ordenamiento territorial, toda vez que estos instrumentos proporcionan las pautas para la preparación de los Planes de Ordenación Territorial y posibilitan un enfoque integral de los mismos

#### 4.4 Medidas prospectivas, correctivas y de adaptación

Para evaluar las medidas de corrección y prevención es necesario analizar la capacidad de adaptabilidad que ha alcanzado la población afectada por los eventos. De esta manera, y de acuerdo con los

acercamientos realizados mediante trabajo de campo, es posible afirmar que, si bien la población de manera autónoma ha alcanzado un alto grado de adaptabilidad en lo referente al actuar en el momento de las inundaciones, aún no se han tomado medidas de fondo que ayuden a mitigar los daños. Así las cosas, y entendiendo que la resiliencia implica afrontar y superar un desastre, no se constató un cambio en las actividades propias de la población, ni relocalización de viviendas o infraestructura afectadas.

Por lo tanto, se recomiendan las siguientes medidas que, en caso de ser ejecutadas propenderán por una mejor ordenación del territorio y, a su vez, evitarán pérdidas humanas y económicas en el futuro.

- *Medidas prospectivas*
  - Capacitación a la comunidad sobre la gestión y atención de riesgo de desastres, en particular en eventos de inundación.
  - Gestión ante las entidades territoriales correspondientes de estudios especializados en gestión de riesgo de desastres en el municipio.
  - Delimitar las áreas de expansión y usos de suelo de acuerdo a estudios detallados previos de gestión de riesgo de desastres, mediante las herramientas de planificación como el PBOT.
  - Generar un plan que garantice el traslado de instituciones educativas, culturales, deportivas, entre otras, a zonas seguras.
  - Revisar y actualizar periódicamente el Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres.
  - Articular la gestión del riesgo de desastres con el plan de educación ambiental municipal, con el fin de lograr una educación ambiental en el contexto territorial.
  - Limitar la ocupación de humedales y rondas hídricas para el desarrollo de proyectos urbanísticos.
- *Medidas correctivas*
  - Generar las facilidades que permitan construir la infraestructura necesaria que mitigue los daños causados y posibles afectaciones que se generen como consecuencia de las inundaciones.
  - Realizar la caracterización física y estructural de los elementos expuestos a la amenaza aquí identificada, especialmente a aquellos que se encuentran en la ronda hídrica del río Magdalena.
  - Reconstruir progresivamente las áreas aledañas al río Magdalena que presenten inundación, de tal manera que se garantice el curso natural de la corriente.
  - Gestionar la relocalización de la población afectada por inundación a zonas en las que se pueda garantizar su integridad.
  - Crear un sistema de alerta temprana sobre las crecientes del río Magdalena en el que la comunidad tenga una participación activa.
  - Efectuar un mantenimiento periódico de redes de drenaje y limpieza de cauces.
- *Medidas de adaptación*
  - Establecer programas de educación ambiental como eje primordial para lograr una correcta adaptación de la comunidad ante los efectos del cambio climático.
  - Cuidar los ecosistemas naturales con el fin de preservar los servicios ecosistémicos que estos prestan, especialmente aquellos relacionados con la regulación y protección del recurso hídrico.
  - Establecer programas de adaptación y mitigación ante el fenómeno de inundación

## 5. CONCLUSIONES

El trabajo de campo realizado a lo largo del municipio de Puerto Boyacá sobre la ribera del río Magdalena permitió conocer de primera mano las áreas de mayor exposición a los eventos de inundación; de igual manera, la comunidad corroboró el panorama al cual se enfrenta cada temporada de lluvias.

La ocupación del cauce del río Magdalena, en función de la economía local como pesca y agricultura, conlleva a su vez una alta exposición a la inundación de plantaciones, viviendas y diferentes infraestructuras



que son levantadas en los cortos periodos de sequía. Si bien estas áreas de afectación están plenamente identificadas por la población, la falta de capacitación en gestión de riesgo de desastres a la comunidad no mitiga la repetición de estas acciones. Es de vital importancia que para cada zona identificada exista personal dentro de la comunidad que registre cada evento extremo presentado (inundación o sequía).

Otro motivo de ocupación de cauce se origina por el crecimiento espacial del área urbana del municipio, la cual, por su ubicación en la margen del río Magdalena, facilita la exposición de la comunidad a inundaciones. Es importante señalar que una buena planificación urbana debe demarcar las zonas potencialmente susceptibles a eventos de riesgo, con el fin de excluirlas del uso de suelo de expansión urbana o similar. Para ello el uso de herramientas de análisis espacial es fundamental en la generación de cartografía base para estudios especializados y de detalles que permitan la toma de decisiones que eviten la expansión de la ciudad en áreas de riesgo.

Herramientas de software libre, como QGIS, usada en el desarrollo de este trabajo, permiten obtener productos de gran relevancia para el estudio del ordenamiento territorial y el análisis de riesgo de desastres.

En el desarrollo del presente trabajo se encontraron limitantes como la carencia de datos, el registro en la memoria de la población en lo referente a eventos de mínima afectación y la costumbre al evento amenazante, que para el caso particular es la inundación. Por tal motivo se sugiere que en el registro de eventos de inundación debería implementarse una metodología a nivel local que facilite la captura de información, donde, como mínimo, se consignen altura máxima alcanzada a partir de una referencia específica, fecha y hora del nivel máximo, duración del evento, áreas afectadas, pérdidas, entre otra información relevante.

De igual manera, otro limitante en el análisis de estos eventos consiste en la discontinuidad de información en los datos de lluvia y la no coincidencia en los periodos de registro de las estaciones cercanas y del municipio y, sumado a esto, la carencia de estaciones en municipios vecinos. Por tanto, es fundamental la instalación de nuevas estaciones y hacer un mantenimiento de las existentes para garantizar futuros estudios más detallados en el municipio.

La atención de la población de la ribera del río Magdalena en jurisdicción del municipio Puerto Boyacá, se limita a los planteamientos propuestos en el Plan de Desarrollo Municipal, que para la vigencia 2020-2023 no contempla capacitaciones en gestión de riesgo de desastres, relocalización de población o infraestructura, centrándose en atención ante la emergencia, que si bien es importante, debería estar acompañada de planes de contingencia que transformen a los afectados en una comunidad resiliente.

Aunque en el municipio predomina la dinámica fluvial del río Magdalena, la cual se encuentra asociada a inundaciones de tipo lento por desborde, es importante adelantar estudios que lleven a la zonificación de acuerdo a fenómenos torrenciales, especialmente en la parte rural en sectores como Puerto Romero; y a nivel urbano a los eventos causados por la variabilidad climática, la carencia de infraestructura para el manejo de las aguas y la mala gestión de las obras de desagüe existentes que permiten que se excedan las cotas máximas de inundación y el desborde de estas.

Como recomendación debe considerarse la articulación del PBOT con los planes de gestión de riesgo de desastres generados en el ámbito local o regional, de esta manera será posible generar las estrategias contundentes que posibiliten la mitigación de riesgo de desastres.

## REFERENCIAS

- [1] IDEAM y UNAL. (2013). Zonificación de amenazas por inundaciones escala 1:2000 y 1:5000 en áreas urbanas para 10 municipios del territorio colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y Universidad Nacional de Colombia.
- [2] Vélez J. y Carrillo A. (2022). Caracterización, análisis y evaluación de la zonificación de susceptibilidad por inundación en el municipio de Fortul (Arauca). Trabajo de grado. Universidad Santo Tomás.
- [3] Banco Mundial. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Un aporte para la construcción de políticas públicas. Banco Mundial.
- [4] DesInventar. (2018). Marco de SENDAI para la reducción de riesgo de desastres. UNDRR.
- [5] Alcaldía de Puerto Boyacá. (2004). Adopción Plan Básico de Ordenamiento Territorial.
- [6] Alcaldía de Puerto Boyacá. (2016). Modificación excepcional de normas urbanísticas del PBOT. Memoria justificativa.
- [7] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Minambiente.
- [8] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Anexo 26. Minambiente.
- [9] CORCUENCAS. (2014). Formulación. POMCA Río Luisa y otros directos al Magdalena. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. Corporación de Cuencas del Tolima.
- [10] García M. y Parra J. (2022). Planteamiento de medidas prospectivas, correctivas y de adaptación ante la susceptibilidad y amenaza de inundación por desborde en el sector de la localidad de San Cristóbal en la Ciudad de Bogotá. Trabajo de grado. Universidad Santo Tomás.
- [11] CORCUENCAS. (2014). POMCA Río Luisa y otros directos al Magdalena. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. Corporación de Cuencas del Tolima.

# Caracterización metalúrgica de un utensilio metálico para cocción de alimentos comercializado en el sector informal

Jorge Vera Alvarado<sup>1</sup>

Martín Taboada Neira<sup>2</sup>

Luis Caballero García<sup>3</sup>

Nilthon Emerson Zavaleta Gutiérrez<sup>4</sup>

*Universidad Nacional de Trujillo, Perú*

Los materiales metálicos tienen amplia demanda industrial para fabricar utensilios para cocción de alimentos y medios líquidos, con lo cual, por salubridad y seguridad alimentaria por ingesta de alimentos, es importante para los consumidores disponer de información técnica y suficiente sobre las características metalúrgicas de utensilios comercializados en el sector informal. Para tal efecto, el objetivo de esta investigación fue realizar estudios metalúrgicos en una olla metálica para uso doméstico adquirida en el mercado informal. El diseño de la investigación es descriptivo simple o de una sola casilla; se seleccionó una olla aleatoriamente para su desencaje y extracción de probetas por corte mecánico desde la zona lateral y base, para su caracterización química y metalúrgica mediante espectroscopia de absorción atómica y microscopia óptica, respectivamente. Los resultados mostraron que la olla consta de tres capas de materiales diferentes, el espesor en la capa interior fue de 0,35 mm y la constitución química y micro-estructural corresponde al acero inoxidable 304L; en la capa exterior el espesor fue 0,56 mm, su constitución química y micro-estructural corresponde a un acero inoxidable ferrítico de bajo carbono. La capa central fue aluminio de 1,36 mm. Al interior de la olla la muestra correspondiente mostró los primeros signos de corrosión por picaduras cuando se expuso a una solución salina caliente. Esto se debe a la presencia de inclusiones en el acero inoxidable austenítico 304L. La capa interna expuesta al medio corrosivo (cocción de alimentos) representa el 15,4% del espesor total, con lo cual, dicho espesor debe ser considerado dentro de las especificaciones técnicas.

---

<sup>1</sup> Magíster en Ciencia y Tecnología de materiales y Doctor en Ciencias ambientales. Contacto: [jvera@unitru.edu.pe](mailto:jvera@unitru.edu.pe)

<sup>2</sup> Ingeniero Metalurgista y Doctor en Ciencias ambientales. Contacto: [mtaboada@unitru.edu.pe](mailto:mtaboada@unitru.edu.pe)

<sup>3</sup> Ingeniero Metalurgista. Contacto: [lcaballerog@unitru.pe](mailto:lcaballerog@unitru.pe)

<sup>4</sup> Magíster en Ciencia y Tecnología de materiales y Doctor en Ciencia y Tecnología de materiales. Contacto: [nzavaleta@unitru.edu.pe](mailto:nzavaleta@unitru.edu.pe)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los fabricantes de materiales para cocción de alimentos deben contar con la autorización de la autoridad competente; en Perú no existe normativa al respecto. La Comisión Europea dispone de requisitos técnicos y propiedades físicas de utensilios para cocción de alimentos [1]. En su regulación establece que, los utensilios utilizados bajo condiciones naturales de funcionamiento, deben disponer de materiales que no trasfieran elementos químicos del cual están constituidos hacia el alimento en cocción, tales elementos en función a sus cantidades relativas en los alimentos constituyen un grave peligro para la salud de los comensales, al producir cambios que son inaceptables en la constitución química y orgánica del alimento.

La fabricación de ollas metálicas en el Perú se inició durante el período de la conquista española, aunque antes de esta época, el material predominante para la elaboración de ollas consistía en una mezcla de materiales cerámicos [2]. La introducción de estas ollas con ornamentos y de diversos materiales exceptuando al barro se produjo con la revolución industrial [3]. En Perú, las especificaciones técnicas para el aseguramiento de la calidad en utensilios para cocción de alimentos aún no se encuentran establecidas, por tal razón, los fabricantes establecen sus propios criterios técnicos. Son diversas las industrias que se dedican a la producción de utensilios de acero inoxidable para uso doméstico. Entre ellas se destacan Manufacturas Andina Metales S.A.C, Industrias Record y Faransa, que distribuye las marcas Renaware y Master Cook. Además, hay utensilios importados de Tramontina en China, así como aquellos producidos por entidades que operan en el sector informal.

Los aceros inoxidables se consideran ampliamente como materiales óptimos para los utensilios de cocina debido a sus numerosas ventajas en comparación con materiales alternativos. Estas ventajas incluyen una baja densidad, buena resistencia a la corrosión superficial, estabilidad química que asegura que su composición permanezca inalterada durante la cocción, no genera residuos, y tampoco reacciona con alimentos ácidos. Además, los aceros inoxidables exhiben robustez contra impactos accidentales, poseen una apariencia estéticamente agradable con un brillo duradero, demuestran una durabilidad notable y ofrecen altos niveles de higiene para los usuarios, ya que se limpian fácilmente [4, 5]. El material seleccionado debe poseer propiedades no porosas y no absorbentes, junto con un alto nivel de resistencia a impactos y rayones que pueden provocar zonas sensibles para desarrollar bacterias [5]. La selección adecuada del material garantiza una total resistencia a la corrosión.

De la gran variedad de materiales con características inoxidables, es recomendable utilizar aquellos que exhiben fases austeníticas y ferríticas dentro de su composición estructural con el fin de procesar y manipular productos alimenticios. Una escala creciente en las propiedades de resistencia a la corrosión para los materiales inoxidables es la siguiente: tipo 430, tipo 304 y tipo 316 [6-8]. La aleación de acero inoxidable óptima disponible en el mercado para aplicaciones culinarias se caracteriza por una composición que incluye un 18% de cromo y un 10% de níquel.

La composición del utensilio, junto con su espesor, potencia su resistencia a los golpes provocados por impactos, aumentando así su durabilidad. Además, esta composición contribuye a conservar su aspecto brillante. La selección de materiales con menor contenido de níquel ayuda a reducir los costes de fabricación. Sin embargo, cabe señalar que esta acción puede tener un impacto negativo en la calidad general del producto [4, 5, 9, 10].

Resulta importante señalar que, los utensilios para cocción de alimentos fabricado exclusivamente con aceros inoxidables, pueden representar un problema para lograr una cocción uniforme de los alimentos, principalmente debido a su baja conductividad térmica documentada. Además, esto puede resultar en un aumento de los costos de consumo de energía. Sin embargo, este problema se puede resolver eficazmente incorporando un difusor térmico, como cobre o aluminio, dentro del conjunto interno de la base del utensilio, debido a sus propiedades superiores de conductividad térmica [11, 12].

Cummings [13] realizó un estudio exhaustivo de los métodos actuales para unir aleaciones de aluminio a aceros inoxidables austeníticos. En el caso de fabricación de chapas de aluminio revestidas de acero inoxidable, para uso en utensilios de cocina, los procesos más utilizados son la unión por laminado a alta

presión (175 a 350 MPa) y las temperaturas moderadas (370°C a 480°C) con una reducción del 10% en el espesor, y la unión estática, donde el aluminio es obligado a adherirse al acero inoxidable mediante la aplicación de una temperatura y presión que excede el límite elástico del aluminio, provocando así una acción de estampado.

Personal involucrado en el rubro de fabricación de utensilios para cocción de alimentos [14], reconoce que el mercado en este rubro es liderado por productos informales. Asimismo, hay tres maneras en las que se desarrolla la informalidad, estas son la adulteración, el contrabando e importaciones de Asia a precios dumping. Los utensilios producidos en el sector informal son más baratos, representando el 60% del total de consumidores en el mercado nacional. Estas circunstancias no sólo generan una competencia no equitativa para la fabricación nacional, sino que también plantean importantes riesgos para la salud de los usuarios finales, por representar una alta probabilidad de ser fabricados con materiales de baja calidad.

La calidad de los productos manufacturados está orientada a satisfacer las demandas de calidad de los usuarios del presente y del futuro [15]. Básicamente, las características de un producto deben adecuarse a normas de calidad bien establecidas [16]. Desviarse de estas normas no sólo daña la reputación del fabricante, sino que también provoca pérdidas económicas a largo plazo y una disminución de la cuota de mercado. Para resolver el problema, que puede representar un elevado riesgo para la salud humana de los usuarios y el desconocimiento sobre los materiales y sus propiedades inherentes a los utensilios de cocina fabricados en el sector informal, es imperativo encontrar una solución. El objetivo principal en el presente trabajo de investigación fue caracterizar metalúrgica y químicamente una olla fabricada en el sector informal y comercializada como acero inoxidable.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Material de estudio

El objeto de estudio es una olla de acero inoxidable para cocción de alimentos comercializada en el sector informal, su disposición se aprecia en la Figura 1. La investigación estuvo orientada a la caracterización metalúrgica, por la imposibilidad de disponer de sus especificaciones técnicas.



Figura 1. Objeto de estudio en estado de suministro

### 2.2 Metodología

El diseño de investigación fue descriptivo simple o de una sola casilla. Se obtuvieron muestras para la caracterización metalúrgica tanto de la zona base como lateral de la olla. Los análisis se realizaron tanto en la superficie interna expuesta a la cocción de alimentos como en la superficie externa expuesta al fuego. En la Figura 2 se aprecia la disposición de la olla. El desencaje de la olla fue realizado con ayuda de un sujetador mecánico tipo tornillo de banco, tal como se aprecia en la Figura 3.

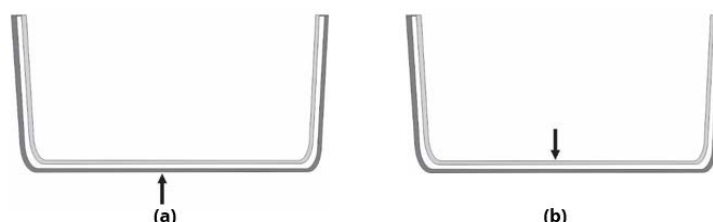


Figura 2. Zona para análisis: (a) Parte externa, (b) parte interna



Figura 3. Desencaje de la olla

Las probetas utilizadas en los experimentos se obtuvieron mediante corte mecánico utilizando un disco abrasivo. La selección de estas probetas se realizó de forma aleatoria, tomando probetas tanto de la base como de la zona lateral de la olla, como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Objeto de estudio en estado de suministro

El análisis químico en cada muestra, fue realizado mediante un Espectrómetro de absorción atómica con atomización electro térmica Perkin Elmer- AAnalyst 600 de acuerdo a la norma [17], el servicio fue realizado en los laboratorios de Sider Perú. Las probetas para ensayo metalográfico se prepararon superficialmente por desbaste secuencial en papeles abrasivos hasta 2000#. Posteriormente, se realizó el pulido y ataque por el método electrolítico, como se aprecia en la Figura 5. Los reactivos utilizados en este estudio se seleccionaron en base a las recomendaciones proporcionadas por [18] y [19]. La información detallada sobre los reactivos químicos y los parámetros eléctricos utilizados se muestran en las Tablas 1 y 2, respectivamente.



Figura 5. Ataque electrolítico del acero inoxidable de la parte interna de la olla

Tabla 1. Electrolito y voltaje para pulido electroquímico

Electrolito	Material	Tensión (Voltios)
10 ml de ácido perclórico	Aceros al C e inoxidables	30-35
90 ml Butil cellosolve	Aluminio y sus aleaciones	25-30
10 ml ácido perclórico	Aceros al C e inoxidables	30-35
45 ml ácido acético glacial	Aleaciones base Cromo	32-35
45 ml Butil cellosolve	Níquel y sus aleaciones	30-40

**Tabla 2.** Electrolito y voltaje para ataque Electroquímico

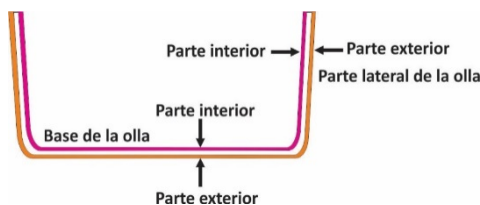
Electrolito	Material	Tensión (Voltios)
100 gr ácido oxálico 900 ml agua destilada	Microestructura en general Carburos precipitados	6 - 8
50 gr NaOH 50 ml agua destilada	Ferrita delta	3
50 ml HNO <sub>3</sub> 50 ml agua destilada	Microestructura general	6

Los ensayos metalográficos fueron realizados con un microscopio metalográfico invertido Karl Zeiss, modelo AXIOVERT A, la caracterización micro-estructural incluye identificación de las fases en ambos aceros que constituyen el material compuesto en ambos lados de la muestra, y la medida de espesor fue tanto, de la base como de la zona lateral de la olla.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Análisis químico

Los análisis químicos en las muestras corresponden a diferentes zonas en la olla, tanto la parte interior y exterior en la base como en la zona lateral, en la Figura 6 se aprecia su disposición.

**Figura 6.** Zonas en la olla para análisis químico

##### 3.1.1 Base de la olla

En la Tabla 3 se detalla la composición química elemental de la base de la olla, correspondiente a la parte interior que entra en contacto directo con los alimentos durante el proceso de cocción. Con base en los datos obtenidos, se puede deducir que la composición química corresponde al acero inoxidable austenítico 304L según la norma ASTM A 240/A 240 M - 04 [20].

**Tabla 3.** Composición química de la base de la olla, parte interior

C	Mn	S	Si	Cr	P	V	Ti	Nb	Mo	Cu	Ni	Sn	Al	B
0,03	1,03	0,000	0,54	17,67	0,023	0,041	0,005	0,021	0,078	0,144	8,480	0,012	0,012	0,0005

La Tabla 4 proporciona una descripción completa de la composición química presente en la parte exterior del material base. Cabe señalar que esta composición corresponde a un acero ferrítico de bajo en carbono, que no se alinea con las especificaciones marcadas por la norma ASTM de aceros ferríticos ASTM A 240/A 240 M - 04 [20].

**Tabla 4.** Composición química de la base de la olla, parte exterior

C	Mn	S	Si	Cr	P	V	Ti	Nb	Mo	Cu	Ni	Sn	Al	B
0,05	0,37	0,001	0,31	15,45	0,019	0,053	0,044	0,010	0,009	0,037	0,153	0,004	0,011	0,0004

##### 3.1.2 Parte lateral de la olla

La composición química de la zona lateral de la olla, tanto interna como externa, se proporciona en las Tablas 5 y 6, respectivamente. Al comparar las composiciones químicas de las Tablas 3 y 5, así como de las Tablas 4 y 6, resulta evidente que corresponden a aceros similares. El material interior de la olla, que entra en contacto directo con los alimentos, está compuesto de acero inoxidable austenítico 304L. Por el contrario, la parte exterior de la olla está construida con acero inoxidable ferrítico con bajo contenido de carbono.

**Tabla 5.** Composición química de la zona lateral de la olla, parte interior

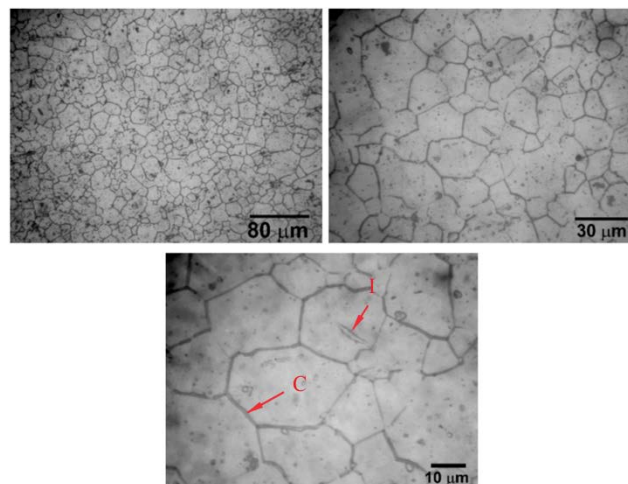
C	Mn	S	Si	Cr	P	V	Ti	Nb	Mo	Cu	Ni	Sn	Al	B
0,03	1,06	0,000	0,56	17,42	0,024	0,044	0,005	0,022	0,079	0,142	8,360	0,012	0,011	0,0005

**Tabla 6.** Composición química de la zona lateral de la olla, parte exterior

C	Mn	S	Si	Cr	P	V	Ti	Nb	Mo	Cu	Ni	Sn	Al	B
0,04	0,36	0,001	0,30	15,50	0,016	0,052	0,030	0,011	0,009	0,035	0,147	0,004	0,007	0,0004

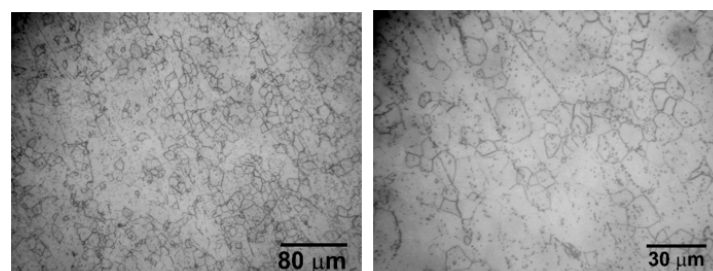
### 3.2 Análisis metalográfico

En la Figura 7 se aprecia las fotomicrografías a diferentes aumentos de la parte interior de la base de la olla. Las características micro-estructurales corresponden a un acero inoxidable austenítico, según lo respalda el análisis de composición química. Además de la fase austenítica, también se observa la presencia de inclusiones y carburos. La presencia de carburos, probablemente  $M_{23}C_6$ , en los límites de grano de austenita indica las etapas iniciales de sensibilización, que probablemente tuvo lugar durante la fabricación de láminas de aluminio revestidas de acero inoxidable.



**Figura 7.** Microestructura austenítica de la parte interior de la olla, con presencia de inclusiones (I) y carburos en los límites de grano (C). Ataque con ácido oxálico.

La parte exterior de la olla presenta una estructura ferrítica, los detalles micro-estructurales se aprecian en la Figura 8, la fase ferrítica es estable por el bajo contenido de níquel.



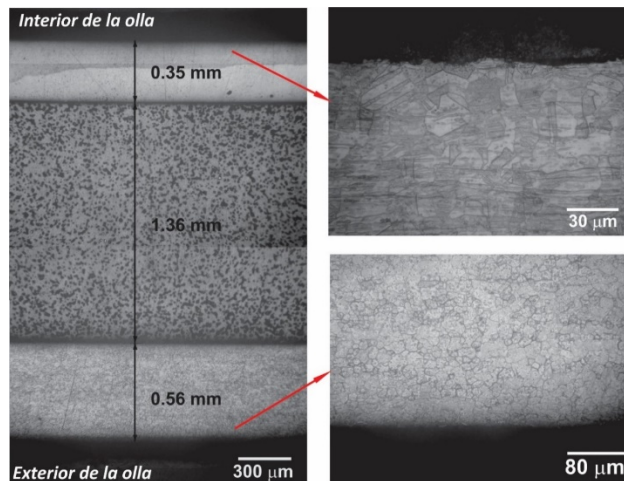
**Figura 8.** Microestructura ferrítica en la parte exterior de la olla. Ataque con ácido nítrico

### 3.3 Medida de espesores

La Figura 9 muestra la microfotografía que representa la región transversal de la base de la olla. La olla ha sido fabricada con tres capas: capa interior de 0,35 mm de acero inoxidable austenítico 304L, una capa intermedia de aluminio de 1,36 mm, y una capa exterior de 0,56 mm de acero inoxidable ferrítico de bajo carbono. La micrografía del corte transversal del espesor del acero inoxidable 304L, Figura 9 superior derecha, no muestra carburos  $M_{23}C_6$  precipitados en los límites del grano de austenita; sin embargo, sí se observa la presencia de inclusiones. Esto indicaría que sólo la parte superficial de la base de la olla se encuentra con una sensibilización incipiente, que como se comentó anteriormente se podría haber

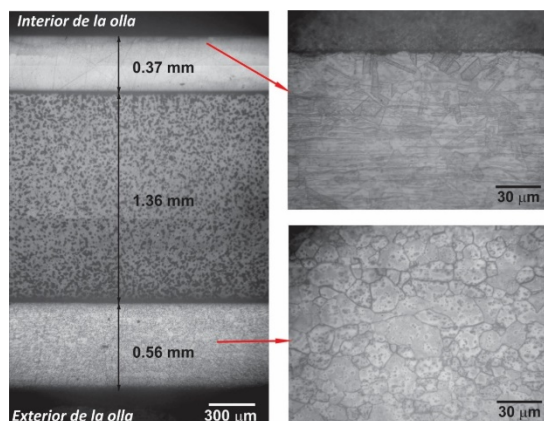


originado durante la fabricación de láminas de aluminio revestidas de acero inoxidable. La presencia de inclusiones en el acero 304L está directamente relacionada con su fabricación.



**Figura 9.** Fotomicrografía de la zona transversal de la base de la olla. Ataque con ácido nítrico

La Figura 10 presenta fotomicrografía obtenidas desde la sección transversal de la parte lateral de la olla. La comparación de las figuras 9 y 10 indican una similitud entre los materiales empleados y los espesores.



**Figura 10.** Fotomicrografía de la zona transversal de la zona lateral de la olla. Ataque con ácido nítrico

La proporción del espesor de la capa interna del acero inoxidable 304L que está expuesta al ambiente corrosivo de la preparación de alimentos es del 15,4% del espesor total. Por tanto, es imprescindible tener en cuenta este valor en las especificaciones técnicas de las ollas. Además, una muestra extraída de la parte interior de la base de la olla se expuso a una solución salina caliente, mostrando la aparición temprana de corrosión por picaduras. Es probable que este hecho se deba a la presencia de inclusiones en el acero inoxidable 304L (Figura 7), que sirven como sitios anódicos cuando se exponen a medios clorurados.

#### 4. CONCLUSIONES

Una olla de cocción de alimento, comercializada de manera informal en Perú, fue sometida a una caracterización metalúrgica mediante investigación química y microestructural. Este análisis reveló la presencia de tres capas distintas compuestas de diversos materiales. La capa interna utilizada para la preparación de alimentos está compuesta por acero inoxidable austenítico 304L, la cual presenta presencia de inclusiones y sensibilización incipiente. Esta capa tiene un espesor de 0,35 mm.

La capa exterior, por el contrario, está compuesta de acero inoxidable ferrítico con bajo contenido de carbono y un espesor de 0,56 mm. Por último, la capa intermedia está compuesta de aluminio y tiene un espesor de 1,36 mm. La proporción de la capa interior de acero 304L que está expuesta al ambiente corrosivo de la preparación de alimentos es del 15,4% del espesor total. Esta información debe tenerse en cuenta al considerar las normas técnicas.

La muestra correspondiente, al interior de la olla, mostró los primeros signos de corrosión por picaduras cuando se expuso a una solución salina caliente. Este hecho probablemente se atribuya a la existencia de inclusiones dentro del acero inoxidable austenítico 304.

Se recomienda que los esfuerzos de investigación futuros abarquen la expansión del estudio mediante la incorporación de pruebas de corrosión intergranular y picaduras. Estas pruebas servirían para evaluar el impacto de las inclusiones y la sensibilización en la degradación de los materiales cuando se someten a la exposición de alimentos cocinados.

## REFERENCIAS

- [1] European Commission. (2004). Regulation (EC) No 1935/2004 of the European Parliament and of the Council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food.
- [2] Hanke L. (1967). History of Latin American Civilization sources and interpretations Vol. 1. The Colonial Experience. Little, Brown and Company.
- [3] Stearns P. (2012). The Industrial Revolution in World History. Routledge.
- [4] Alexandru M. et al. (2010). Stainless steel the environment friendly choice. En European conference of chemical engineering, and European conference of civil engineering, and European conference of mechanical engineering, and European conference on Control.
- [5] Naha S. (2011). Stainless Steel: The Green Alloy. Science Reporter 48(4), 52-55.
- [6] Khatak H. y Raj B. (2002). Corrosion of Austenitic Stainless Steels, Mechanism, Mitigation and Monitoring. Woodhead Publishing.
- [7] Singh R. (2016). Stainless Steels. En Singh R. (ed.), Applied Welding Engineering Processes, Codes, and Standards, Second Edition. Butterworth-Heinemann.
- [8] Dionicio E. (1999). Aplicaciones de los aceros inoxidable. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas 2(3), 11-12.
- [9] Guarneri F. et al. (2016). Release of nickel and chromium in common foods during cooking in 18/10 (grade 316) stainless steel pots. Contact Dermatitis 76, 40-48.
- [10] Procuraduría Federal del Consumidor. (2011). Estudio de calidad: Ollas de presión. Revista del Consumidor junio 11, 44-56. Recuperado: <https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/revista-del-consumidor>
- [11] Sunrise Cookware Co. (2017). Why stainless steel cookware need a encapsulated aluminum core. Recuperado: <https://sunrisecookware.com/stainless-steel-cookware-need-encapsulated-aluminum-core/>
- [12] Domínguez D. (2023). Aluminio, hierro o acero inoxidable: ¿Qué sartén compro? Recuperado: [https://elpais.com/gastronomia/el-comidista/2023/01/31/articulo/1675162212\\_214165.html](https://elpais.com/gastronomia/el-comidista/2023/01/31/articulo/1675162212_214165.html)
- [13] Cummings U. (2005). A survey of aluminum to stainless steel transition techniques. Stanford University. Report SLAC-TN-67-5. EE.UU.
- [14] Revista Banca y Finanzas. (2014). Record y sus 8 décadas en la vida familiar de los peruanos. Recuperado: <https://revistabancayfinanzas.wordpress.com/2014/10/16/record-y-sus-8-decadas-en-la-vida-familiar-de-los-peruanos/>
- [15] Deming W. (1989). Calidad, productividad y competitividad: La salida de la crisis. Ediciones Díaz de Santos.
- [16] Ishikawa K. (1991). ¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa. Grupo Editorial Norma.
- [17] ASTM. (2021). ASTM E1184: Standard practice for determination of elements by graphite furnace atomic absorption spectrometry. American Society for Testing and Materials.
- [18] ASTM. (2021). ASTM E1558: Standard guide for electrolytic polishing of metallographic specimens. American Society for Testing and Materials.
- [19] ASTM. (2015). ASTM E407: Standard practice for microetching metals and alloys. American Society for Testing and Materials.
- [20] ASTM. (2015). ASTM A240: Standard specification for chromium and chromium-nickel stainless steel plate, sheet, and strip for pressure vessels and for general applications. American Society for Testing and Materials.

# Propuesta de modelo de negocio para la conversión de la cadena de valor lineal a la cadena de valor circular del lactosuero ácido

Golda Meyer Torres Vargas<sup>1</sup>

Erika Marcela Pineda<sup>2</sup>

*Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia*

La finalidad de este estudio es diseñar una propuesta de modelo de negocio para la conversión de la cadena de valor lineal a la cadena de valor circular del lactosuero ácido. La investigación se llevó a cabo a través de tres etapas: selección de productos con probabilidad del estudio de pre-inversión, factibilidad de la idea de negocio y alternativa viable del proyecto de negocio. En la primera se aplicaron herramientas de decisión, como la matriz de priorización y modelo de negocio Canvas, que permitieron definir la línea de nuevos productos a base de lactosuero ácido e identificar el producto con mayor probabilidad de inversión (bebida láctea fermentada con características similares al yogur), se identificaron los cambios en el modelo Canvas para negocios circulares. La segunda fase se llevó a cabo a través de estudios de mercado, técnicos y de estructura financiera para la elaboración del producto seleccionado; se presentan las métricas e indicadores de EC para la medición de la sostenibilidad del modelo. En la última fase se elaboraron los indicadores económicos VAN, TIR y RB/C, los cuales fueron positivos bajo tres alternativas de financiamiento: 0%, 25% y 50%; se realizó un análisis de sensibilidad económica para prospectar el comportamiento y valor del proyecto ante los escenarios pesimista y optimista durante el horizonte del proyecto. La cadena de valor lineal del lactosuero se caracteriza por un modelo de *final de vida* y, al integrar una propuesta de valor circular *de la cuna a la cuna*, se crea un circuito cerrado con la mínima utilización de recursos externos, el aprovechamiento nutricional del lactosuero y la reducción de los efectos contaminantes en el medio ambiente.

---

<sup>1</sup> Química de alimentos, Especialista en Biotecnología agraria y Magíster en gerencia de proyectos. Contacto: [golda.torres@unad.edu.co](mailto:golda.torres@unad.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera de alimentos. Contacto: [kaery88@hotmail.com](mailto:kaery88@hotmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria los productos lácteos son probablemente el grupo más diverso, entre ellos la producción de quesos es el sector que genera la mayor cantidad de residuos denominados lactosueros [1]; al procesar un litro de leche se obtiene entre un 88% a un 90% de suero y 10% -12% de queso, por lo cual su costo de producción es alto y se obtiene muy poco rendimiento. Mundialmente se producen aproximadamente más de 160 millones de toneladas de suero con una tasa de crecimiento anual del 2% [1, 2, 3]. Considerando la relación de 9:1 de litros de suero por cada kilogramo de queso, en promedio se generan 190 millones de Kg/año a nivel mundial [4], el consumo de queso ha aumentado y se estima que al finalizar el 2023, se generarán cerca de 230 millones de toneladas de lactosuero [1, 3].

Según el centro tecnológico AINIA, en 2020 en Europa se generaron 75 millones de toneladas de suero donde el 60% se usó para la elaboración de nuevos productos, quedando aproximadamente 53 millones de toneladas a las cuales no se les ha dado un adecuado manejo por el alto costo de la gestión; el 50% del suero obtenido se desecha como efluente en ríos y aguas servidas o directamente en el suelo [2, 5, 6], lo cual genera una preocupación mundial debido a que registra una alta demanda biológica DBO [1, 7].

En la elaboración de quesos se obtienen dos tipos de suero: dulce y ácido, derivados del proceso de coagulación. Es suero dulce cuando la obtención de la cuajada se realiza por la adición de enzimas y registra un pH >5,5 y ácido cuando se aplican ácidos orgánicos en la coagulación y el pH puede ser entre 3,0 a 5,0 [4, 7]. El suero es un líquido rico en nutrientes y debe aprovecharse, pero las tecnologías para su fraccionamiento o tratamiento son muy costosas [7], requieren de altos volúmenes para que la inversión sea rentable; este es el motivo por el cual aprovechar el suero para otro proceso no es atractivo en las pymes y prefieren darle otros destinos como alimentación animal, producción de requesón.

El suero ácido registra inconvenientes en procesos de secado o fraccionado debido a la alta inestabilidad química que genera el ácido láctico y sus derivados al producir polvos higroscópicos y con capacidad de cristalización, lo que minimiza los usos posteriores [8], esto refuerza la necesidad de generar alternativas para la reutilización del lactosuero de manera directa, de esta forma se puede aprovechar los beneficios nutricionales en elaboración de productos de consumo masivo.

En el departamento de Boyacá, Colombia, hay zonas lecheras como el Municipio de Belén, donde se produce alrededor de 59580 litros /día de lactosuero [13], cuyo valor comercial no supera los \$ 50 por litro. En este municipio existe una alta disponibilidad de lactosuero generado de las actividades de elaboración de quesos frescos (en promedio 5958 litros/días generados del proceso de 6620 L de leche/día por empresa que representa el 6,7% de la producción promedio departamento de Boyacá la cual es de 138000 L de leche/día). En la elaboración queso doble crema, en promedio por empresa se generan 2324 L/día; este residuo no está siendo aprovechado y el manejo para la disposición final tiene varios destinos: elaboración de requesón, alimentación animal y vertimientos a efluentes [9].

En el municipio hay 13 empresas legalmente constituidas que fabrican queso doble crema, de las cuales el 62% emplean el suero para producir requesón que también deja un permeado al cual lo eliminan directamente a los desagües, un 8% venden el suero a un tercero por valor de entre \$800 a \$ 1000 cantina y un 30% lo entregan para alimentación animal algunas veces y otras lo eliminan por el alcantarillado, [9]; lo anterior evidencia que las empresas carecen de conocimiento de los productos que se pueden obtener del lactosuero ácido y persiste un alto nivel de incertidumbre e incredulidad entre los productores para procesar el suero ácido, dejando en evidencia la necesidad de elaborar estudios comerciales que permitan caracterizar y establecer modelos de negocio para este subproducto. El aprovechamiento y valorización del lactosuero es un caso perfecto para aplicar modelos comerciales bajo el concepto de economía circular.

Las definiciones expuestas en la revisión bibliográfica coinciden en indicar que la Economía Circular EC es un sistema para optimizar el uso de los recursos, buscar y mantener el valor máximo a través del tiempo disminuyendo la entrada de recursos (materiales y energético) como la salida (producto, subproducto, desperdicio) [10, 11]. También la definen como un sistema económico sostenible en el cual los modelos de negocio se desvinculan del uso de los recursos y el crecimiento económico se obtiene a través de la

reducción y recirculación de los recursos naturales [12]. La EC impulsa la creación de valor de materiales que se consideran basura, residuos o desechos; la EC es un modelo de negocio en potencia al producir ganancias ambientalmente sostenibles [11]. Es un proceso de ciclo continuo de desarrollo positivo, se basa en la prevención, rehúso y destino final de residuos que impactan al mínimo a los componentes del medio ambiente; la EC les da valor agregado a los residuos generados en un ciclo de producción primaria e incluso secundaria [13]. Es *un modelo de desarrollo integrado* que se basa en el principio de las 3R: reducir, reutilizar y reciclar [14], cuyo objetivo es *fomentar el crecimiento económico y ambiental mediante la expansión del uso de energía limpia y la reducción de las consecuencias ecológicas* [15].

No hay una definición ni una conceptualización definida de EC, todas relacionan el reducir, reutilizar, reciclar en los flujos de proceso de productos y servicios, pero no vinculan el desarrollo sostenible de la sociedad, economía y medio ambiente como dimensiones de la sostenibilidad, por lo que una definición integral sería:

*La EC es un sistema económico que reemplaza el concepto de fin de vida por la reducción, alternativamente la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales en los procesos de producción/distribución y consumo. Opera a nivel micro (productos, empresas, consumidores), nivel meso (ecoparques industriales) y nivel macro (ciudad, región, nación y más allá), con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible, creando simultáneamente calidad ambiental, prosperidad económica y equidad social, para beneficio de las generaciones actuales y futuras. Está habilitado por modelos de negocio novedosos y consumidores responsables* [12].

La economía lineal registro su apogeo hasta el siglo XXI con la generación de productos y servicios, en los tiempos actuales prevalece y la transición hacia una EC presenta horizontes lejanos. Las empresas que están en el modelo unidireccional optan por la *eco-eficiencia* como herramienta de sostenibilidad incorporando estrategias que conduzca a la reducción de impactos ambientales, [16], por ejemplo el cambio de materias primas para producir residuos menos contaminantes, cambio de etiquetas o el cambio del material de fabricación por insumos biodegradables, etc.; ocasionado impactos favorables en diferentes segmentos pero esta *sostenibilidad aparente* sigue el modelo unidimensional, puede que en menor grado, pero prevalece el *hacer-usar-desechar, tomar-hacer-usar-desechar o cuna- a la tumba* [16, 17]. En la EC la sostenibilidad se incrementa con la *eco-efectividad* obtenida por los impactos positivos derivados de la innovación en los modelos de negocio que conllevan a la *reutilización- reducción - recirculación, retención de valor a largo plazo y cierre de ciclos en producción/consumo* [16, 17].

Toda organización que incluya la EC en sus sistemas de producción y consumo debe rediseñar los objetivos estratégicos, indicadores claves de producción y modelos de negocio lineales, siendo estos últimos de gran relevancia en la transición lineal a la circular [10, 19]. La aplicación de la EC en las empresas no solo proporciona el cumplimiento de estándares de sostenibilidad, sino que genera ventajas competitivas, aumentando las metas de producción y efectividad en los procesos, para ello se deben generar cambios en los modelos comerciales que actualmente se describen en corrientes lineales [18]. La EC permite que un modelo comercial lineal o de flujo unidireccional cambie a un modelo comercial de circulación de recursos, así las empresas pueden generar conocimiento sobre la reutilización de los residuos, reducir el consumo de otros recursos, de esta forma se puede hablar de una organización sostenible y ecológica [4].

Los desafíos emergentes y solicitudes gubernamentales (agenda de sostenibilidad de la ONU para la puesta en marcha de los objetivos de desarrollo sostenible-ODS) requiere de nuevos patrones de comportamiento tanto de las empresas como de los clientes, por ello hoy en día los modelos de negocio deben incluir los conceptos de EC, los cuales deben permitir el diseño, la implementación y la administración de negocios para que todas las salidas del proceso sean las entradas de otros con base a los residuos industriales que se generen [18]. La EC pretende incluir o ampliar líneas de producción teniendo como materias primas productos que se desperdician o van hacia otros procesos que dan menor valor agregado.

Un clásico modelo de negocio está conformado por herramientas de decisión, planificación, análisis de factibilidad (estudios de mercado, técnico, administrativo, de estructura económica) y de evaluación financiera, componentes que también pueden ser desarrollados en el ámbito de proyectos sostenibles y circulares. En términos de EC, los modelos de negocio deben ser amplios debido a que integran objetivos de optimización de recursos y los principios de la economía circular [14, 15]. Los modelos de negocio han

tomado otras connotaciones sobre la propuesta de valor como lo es el valor económico, social, ambiental y se consideran enfoques relevantes para un modelo sostenible sin dejar de destacar el valor que se ofrecerá a los clientes o consumidores. Generar modelos de negocio circulares sostenibles no están fáciles porque debe demostrar de forma clara la propuesta, creación y captura de valor; esto se torna aún complejo en la transición lineal a la circular y se exagera con los factores que condiciona la EC como la disposición permanente de los subproductos o materiales a reciclar, la tecnología disponible, la localización del proyecto para generar inmersión y estabilidad de mercados, entre otros [10, 20]

Diversos estudios permiten visualizar las tendencias y la evolución de los modelos de negocio circulares; un ejemplo sobresaliente es la aplicación de herramientas de gestión que aporten a la planificación y a la toma de decisiones como el modelo Canvas; la bibliografía y la experiencia práctica lo relacionan como el más utilizado y aceptado debido a su estructura y desarrollo, pero el aporte que puede dar a la EC lleva consigo algunas modificaciones en su análisis las cuales deben ser el aspecto diferenciador cuando se usa en el modelo lineal, por ejemplo en el segmento de consumidores, identificar aquellos que consumen el producto principal y cuáles serían aquellos consumidores de productos secundarios derivados de materiales que se generan en la elaboración del producto primario.

En el segmento de proveedores además de los socios claves se pueden incluir aquellos que en algún momento pueden establecer una relación con los productos secundarios derivados de la producción primaria. La modificación o ampliación de uno u otro segmento del modelo Canvas implica impactos o cambios en otros campos del lienzo como costos, recursos, actividades. [19]. Otros estudios sugieren incluir en las dimensiones aspectos ecológicos, de autenticidad, resiliencia, identificación de obstáculos internos para la transformación [21].

Todas aquellas estrategias o metodologías que conlleven a generar una circularidad deben ser medidas para conocer y verificar los impactos y beneficios, por ende, se debe implementar dentro del modelo de negocio métricas de circularidad, las cuales la gran mayoría ya han sido aplicadas en sistemas de gestión de calidad y ambiental [12]. Es necesario que previo al diseño del modelo de negocio circular se tenga claridad de la forma cómo se evaluará la sostenibilidad, por lo que es necesario verificar que los instrumentos de evaluación a emplear cumplen los requisitos para tal fin; una métrica de circularidad debe tener validez, que mida lo que pretender medir; confiabilidad, consistencia y solidez de la métrica, que sea adaptable a diferentes procesos y que conlleve a los mismo resultados; útil, que sea funcional, práctica, flexible en la implementación [12].

De los tres requisitos, la validez de la métrica puede ser verificada a través de ocho criterios que relacionan: *a) reducción de recursos escasos, b) reducción de los niveles de emisión, c) reducción de pérdidas/desperdicios materiales, d) aumentar la entrada de recursos renovables y reciclados, e) maximizar la utilidad y durabilidad de los productos, f) generar empleos locales en todos los niveles de habilidad, g) creación y distribución de valor añadido, y h) aumentar el bienestar social* [12].

La revisión bibliográfica presenta varios métodos adaptados o desarrollados para medir y evaluar la efectividad de la EC. Se han clasificados en dos grupos: 1) índices de medición de la circularidad destinados a proporcionar un valor que exprese qué tan circular es un sistema, 2) herramientas de evaluación de la circularidad dividida a la vez en marcos de evaluación e indicadores de evaluación, en su conjunto analizan la contribución de las estrategias circulares a los principios de la EC, enfocando la medición de los impactos ambientales o económicos sobre la sociedad donde se aplica la propuesta de EC [12]. A continuación, se exponen las métricas de mayor aplicación en modelos de EC:

- *Life Cycle Assessment LCA*: es una de las metodologías de mayor uso para evaluar y validar el desempeño en términos económicos y ecológicos [12, 13, 22]. Es una evaluación ambiental sobre todo el ciclo de vida de los productos y funciones por lo que abarca todo el ciclo de vida de un producto, pero cuando se integra a procesos circulares la LCA debe derivar un análisis tipo de la cuna a la cuna. Este método evalúa impactos ambientales potenciales que se generan en la producción primaria y la secundaria (rehúso de materiales). Vincula indicadores que miden el cambio climático, el agotamiento de recursos, la toxicidad y la eutrofización. Indicadores que pueden considerar en diversas categorías de impacto que van desde

evaluar los impactos sobre los combustibles fósiles, minerales, tierra, agua hasta los impactos sobre la comunidad [12, 23].

- *Emergy Accounting EMA*: es una metodología basada en el cálculo de balances de masa a lo largo del periodo de producción; los flujos de material se miden en términos de masa proporcionando información sobre la cantidad de material empleado en las actividades del material reciclado. Mide el desempeño de los sistemas en referencia a los recursos naturales que requiere la producción y el rehúso, en otros términos, mide la cantidad de energía que se necesita para llevar a cabo la cadena de valor [12, 23]. La MFA se aplica a nivel de productos y servicios en organizaciones, regiones, comunidades y economías globales [12, 23].
- *Life Cycle Assessment & Emergy Accounting Applied Framework LEAF*: es la integración de los marcos LCA y EMA cuyo objetivo es generar una perspectiva holística y entregar varios escenarios de mejora para *comparar la viabilidad, el rendimiento del proceso y las cargas ambientales* [23].
- El análisis de entrada y salida *Input Output IO*: se aplica en la EC para *describir y analizar la interdependencia económica entre los diferentes sectores que integran una economía regional, nacional o internacional* [23]. Es escalable para evaluar los impactos ambientales y socioeconómicos que derivan de tales actividades. Puede formar una metodología híbrida con la LCA para la evaluación de procesos y servicios derivados de la EC [23].

El objetivo principal de este estudio fue diseñar una propuesta de modelo de negocio para la conversión de la cadena de valor lineal a la cadena de valor circular del lactosuero ácido. Se aplicaron herramientas de decisión y los componentes de un estudio de pre-inversión para una línea de nuevos productos a base de lactosuero ácido generado de la elaboración de queso doble crema. El modelo comercial obtenido se complementó con la integración de enfoques y metodologías que se aplican en la evaluación de propuestas de valor circular.

## 2. MÉTODO

En esta investigación se aplicó una metodología descriptiva y aplicada con enfoque cuantitativo. La población sobre la cual se llevó a cabo el estudio fueron las Empresas lácteas que procesan quesos frescos en el municipio de Belén; son unidades económicas tipo microempresas, registrados como personas naturales. La muestra estuvo conformada por nueve empresas que procesan queso doble crema. Todas las unidades productoras tienen domicilio en la zona urbana del municipio de Belén. La investigación se llevó a cabo en tres etapas (Figura 1): selección de productos con probabilidad del estudio de pre-inversión, factibilidad de la idea de negocio y alternativa viable del proyecto de negocio, tal como se describe en [9].

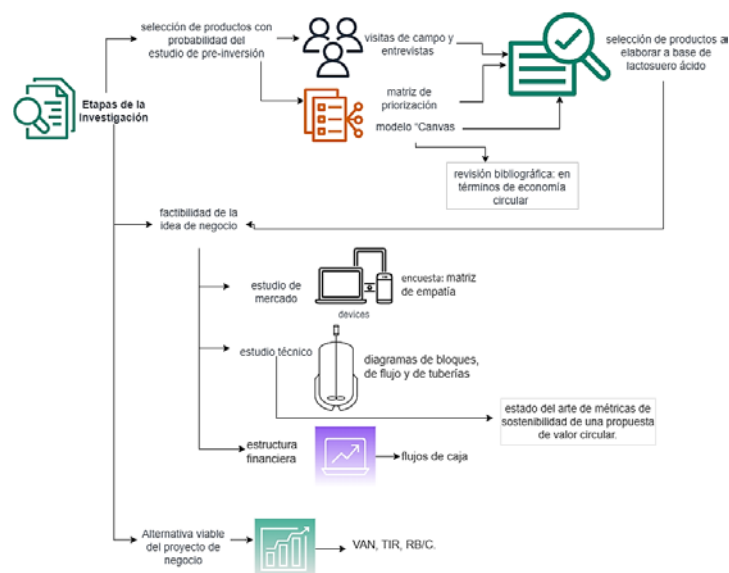


Figura 1. Metodología de la investigación



## 2.1 Técnicas y herramientas Etapa 1

Se realizaron visitas de campo y entrevistas a las empresas procesadoras de queso doble crema con la finalidad de obtener información de la apreciación e interés por parte de los productores en el rehúso y elaboración de productos alimentarios a base de lactosuero ácido. Se empleó la herramienta multi-criterio matriz de priorización siguiendo la metodología propuesta por [24] con algunas modificaciones, como herramienta de selección de productos a elaborar a base de lactosuero ácido.

La información obtenida en las entrevistas a las empresas y la revisión bibliográfica de estudios previos en investigación de mercados, específicamente para los productos lácteos constituyeron la base para elaborar los criterios de evaluación de la matriz de priorización: Opinión empresarial-Preferencia de la empresa, margen de Ganancia, ventas, gestión del proceso y desarrollo Tecnológico.

La selección de productos a base de lactosuero ácido se complementó con la elaboración de los lienzos del modelo Canvas, esta herramienta también permitió determinar el perfil de cada producto. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de las modificaciones sugeridas al modelo Canvas en términos de economía circular a partir de revistas científicas indexadas en la base de datos como Scopus, Web of Science y Science direct.

## 2.2 Técnicas y herramientas Etapa 2

Se desarrolló la factibilidad de la idea de negocio a través de estudios de mercado, técnico y de estructura financiera. Dentro del estudio de mercado se empleó la herramienta de encuesta con el fin de obtener información de los clientes habituales y determinar perfil del consumidor de productos a base de lactosuero; las preguntas se elaboraron siguiendo el diseño del lienzo de la matriz de empatía con base a: ¿qué piensa? ¿Qué ve? ¿Qué oye? y ¿Qué dice y hace? Además de esfuerzos y resultados.

En el estudio técnico se emplearon diagramas de bloques y de flujo para determinar las secuencias del proceso de elaboración del producto seleccionado a base de lactosuero. Se realizó una revisión del estado del arte partir de revistas científicas indexadas en la base de datos como Scopus, Web of Science y Science direct, para analizar las metodologías que establecen métricas de sostenibilidad de una propuesta de valor circular. Las herramientas empleadas en la estructura financiera fueron flujos de caja para el cálculo del presupuesto total de inversión.

## 2.3 Técnicas y herramientas Etapa 3

Se determinaron indicadores económicos valor presente neto VAN, tasa interna de retorno TIR y relación beneficio-costos RB/C. Se elaboró un análisis de sensibilidad para sustentar la viabilidad de la propuesta del proyecto.

# 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

## 3.1 Selección de productos con probabilidad del estudio de pre-inversión

La matriz de priorización es una herramienta de gestión y control de proyectos, que se emplea para evaluar alternativas con base a un objetivo y de esta manera clasificar problemas y toma de decisiones [25]. La aplicación de la matriz requiere tener claro lo que se va a priorizar y para esto se toma como referencia el análisis de la encuesta realizada a las empresas, donde se identificó la intención que tienen en darle un uso al lactosuero e indicaron los productos con intención de desarrollo los cuales fueron: bebidas lácteas con características similares al yogur con un 78% de favorabilidad, elaboración de helados con un 44%, bebidas energizantes con un 33% y queso ricota con un 67% [9].

Para cada producto se aplicaron los criterios que se presentan en la Tabla 1, arrojando los resultados que se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 1.** Criterios de evaluación matriz de priorización [24]

Criterio	Justificación	Puntaje
Opinión empresarial (Preferencia de la empresa)	Criterio evaluado a través de una encuesta a las empresas objeto de estudio.	25%
Margen de Ganancia	Mide la posibilidad de lanzar el producto al mercado. Se realiza una investigación a partir de fuentes primarias y secundarias para encontrar un porcentaje estimado del margen de ganancia que ha tenido cada producto por unidad vendida en el mercado nacional. Los datos utilizados son de productos ya existentes en el mercado que no contienen lacto suero.	25%
Ventas	Se realiza una investigación a partir de fuentes primarias y secundarias para encontrar un estimado del nivel de ventas que tiene cada uno de los productos a nivel nacional, el porcentaje de participación y aumento de ventas.	20%
Gestión del proceso	Mide el tiempo de desarrollo del producto, se establece con el número de procesos necesarios para fabricar cada producto.	10%
Desarrollo Tecnológico	Mide el desarrollo tecnológico (equipos) que se requiere para obtener dicho producto.	20%
Total		100%

Consigna los criterios, justificación y puntaje que se aplican en la selección de productos a elaborar a base de lactosuero. A cada criterio le puede corresponder la puntuación: muy alto (6), alto (5), alto medio (4), medio (3), medio bajo (2) y bajo (1).

Los datos de la Tabla 2 indican que el producto con el mayor puntaje fue la bebida láctea fermentada con características similares al yogur con una calificación de 4,55 puntos, seguido de queso ricota con 4,15 puntos, en el tercer lugar las bebidas energizantes con 3,65 y los helados con 2,9 ocupan el cuarto lugar. Se infiere que la Bebida láctea fermentada es el producto con mayor viabilidad de desarrollo entre las empresas en estudio. La revisión de la literatura sobre investigación de mercados indicó que el producto requiere un mayor número de procesos y tiempo, pero un menor desarrollo tecnológico además genera un buen margen de ganancia y ventas.

**Tabla 2.** Matriz de priorización para la selección de productos a partir de lactosuero [9]

Producto	Preferencia de la empresa (25%)	Margen de ganancia (25%)	Ventas (20%)	Gestión de proceso (10%)	Desarrollo tecnológico (20%)	Resultado
Bebida láctea fermentada con características similares al yogur	5	4	6	5	3	4,55
Queso ricota	6	3	4	3	4	4,15
Helados	4	2	3	4	2	2,9
Bebida energizante	2	5	2	5	5	3,65

Consigna el resultado final de la aplicación de la matriz de priorización, en donde se evidencia el producto con mayor puntuación.

La revisión de la literatura informa que el modelo de negocio Canvas es una herramienta establecida para planificar, visualizar y evaluar modelos comerciales, su estructura permite la descripción y definición del modelo de negocio u operación comercial de una empresa, se considera una herramienta para generar procesos de valorización permitiendo ver la formas como afectará la toma de decisiones para generar el cambio propuesto [26]. Los lienzos de los modelos de negocio Canvas para los cuatro productos identificados en la matriz de priorización se presentan en la Figura 2, de acuerdo con [26].

Cada dimensión del lienzo Canvas de cada producto se elaboró a partir de estudios de mercados y comercialización preexistentes para obtener información de la segmentación del mercado, relación con los clientes, los canales de comunicación, actividades, socios y recursos claves, estructura de costos e ingresos. La construcción de la propuesta de valor se basó en los resultados de investigaciones científicas en torno a las propiedades funcionales y nutricionales del lactosuero. La elaboración de cada modelo de negocio en el lienzo Canvas, permitió crear el perfil de cada producto y el análisis de cada uno junto con los resultados de la matriz de priorización permitieron definir el producto con mayor viabilidad de inversión [9].

Se identificó que la bebida láctea, el queso tipo ricota y los helados a base de lactosuero ácido aportan valor para un mercado masivo y diversificado, proporcionan beneficios para la salud de los consumidores

mientras que la bebida energizante crea valor para un nicho de mercado limitado (jóvenes entre los 16 a 30 años), esto condiciona la valoración que se pretende influir en otros grupos etarios (mayores de 40 años) que no consumen este tipo de productos, de igual manera sucede en menores de 14 años dado que el consumo del producto está contraindicado.

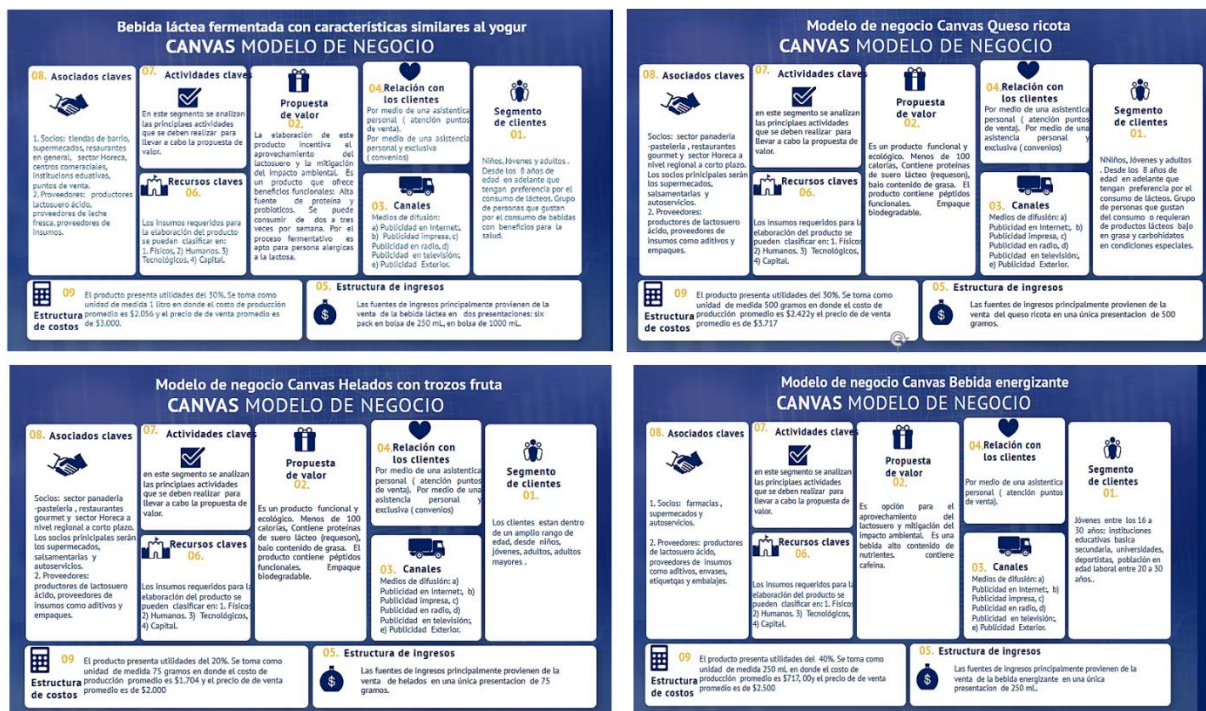


Figura 2. Modelos de negocio Canvas para cuatro productos a base de lactosuero ácido. En este enlace se puede consultar toda la información de cada segmento de cada modelo de negocio: [https://view.genial.ly/6087a6dde90fd60cf663753d/interactive-content-modelos-canvas-productos-lactosuero\\_](https://view.genial.ly/6087a6dde90fd60cf663753d/interactive-content-modelos-canvas-productos-lactosuero_)

La propuesta de valor para cada producto tiene enfoques comunes como la reducción de impactos ambientales y el rehúso del suero, pero también aspectos diferenciadores entre la bebida energizante y los demás productos. El modelo de negocio para la bebida láctea fermentada con características similares al yogur es quien relacionó un mayor número de criterios factibles relacionados con la segmentación de clientes, propuesta de valor, canales de comercialización, relación con los clientes, estructura de ingresos, actividades claves, socios claves y estructuras de costos, por lo tanto, para este estudio, es uno de los posibles productos para el aprovechamiento directo del lactosuero ácido.

La aplicación de la herramienta Canvas generó juicios para la definición de perfiles y determinar la selección del producto con mayor decisión para desarrollar un modelo comercial, pero no permitieron visualizar aspectos diferenciadores relacionados con la economía circular, por eso es imperativo hacer ajustes al modelo, lo que se conoce como innovación del modelo de negocio Canvas [10, 19].

Para el caso de la cadena de valor del lactosuero ácido, la circularidad del modelo Canvas debe incluir el inicio del ciclo de vida del producto primario, es decir la elaboración de queso doble crema. La revisión de la literatura expone aquellas dimensiones del modelo que contribuyen a la transición del modelo lineal a un modelo circular y que pueden ser incluidas en la propuesta de valor del lactosuero ácido (Tabla 3), así el modelo de negocio toma otras connotaciones sobre la propuesta de valor como lo es el económico, social, ambiental, e integración de objetivos de optimización de recursos por ende los principios de la economía circular, generando enfoques relevantes para un modelo de negocio sostenible [14, 21].

Tabla 3. Cambios sugeridos en el modelo Canvas en la transición a modelos circulares

Dimensión Canvas	Cambios propuestos para la cadena de valor circular del lactosuero ácido
Clientes /consumidores	Productos a base de lactosuero pueden ser considerados una innovación para la empresa pero no para el mercado este caso la <i>empresa deberá desarrollar el mercado existente para que su oferta de valor sea aceptada en lugar de crear una nueva</i> [10].

	Adicional a la identificación de los consumidores del producto principal, deben identificar aquellos consumidores de productos secundarios derivados de materiales que se generan en la elaboración del producto primario.
Propuesta de valor	Debe ser convincente para exponer que los productos elaborados con lactosuero ácido son innovadores con valor añadido y que presentan la misma calidad técnica y nutricional que los productos tradicionales a base de leche o suero dulce. El mercado debe conocer que al fabricar el o los productos a base de lactosuero ácido se mitiga el uso de agua de producción, se aprovecha la composición química del lactosuero para generar metabolitos de interés en la salud del consumidor y se reduce la contaminación de la industria quesera.
Canales	Reforzar y hacer énfasis en la cadena de valor enmarcados en el aporte de los productos a los ODS 7,9,11,12 y 13. Este segmento debe reforzar la sostenibilidad en la publicada del producto y empelar medios de publicidad inteligente, masiva e instantánea.
Relación con los clientes	Fortalecer el segmento de clientes, dado que los productos derivados de lactosuero ácido pretenden ingresar a mercados ya establecido por ejemplo el de las bebidas lácteas fermentadas por lo que será necesario <i>trabajar en la concientización y educación del consumidor antes y durante el ingreso al mercado, buscando desarrollar sus segmentos de clientes potenciales [10].</i> El o los productos a base de lactosuero ácido deben quedar en la memoria de los consumidores y asegurar fidelidad con la marca, por lo que se deben buscar estrategias de diseño como eco- envases o ecoetiquetas y de publicidad para destacar la propuesta de valor.
Ingresos	La oferta de valor circular debe aumentar los ingresos de las empresas productoras de quesos doble crema, al ingresar un nuevo producto a base de lactosuero ácido a las líneas de producción; esto conduce al mejoramiento financiero por ende a la sostenibilidad en el desarrollo de nuevos productos.
Recursos claves	Se debe describir el avance tecnológico que integra y se requiere para el desarrollo del producto a base de un subproducto.
Actividades claves	este bloque puede ofrecer una autoevaluación en términos de innovación para medir la capacidad de investigación y desarrollo con miras a desarrollar o alcanzar una madurez tecnológica que de sostenibilidad al proceso de economía circular. Considerar actividades que potencien o desarrollen capacidades en comprender el modelo de negocio en la EC, por lo tanto habrá que incluir la adaptación de los recursos humanos, físicos de la empresa y las acciones de mejora del desempeño corporativo
Socios Claves	La propuesta de valor enmarcada en la EC, puede ser beneficiosa para todos los socios claves, por lo tanto este segmento puede ser fortalecido por acciones de co-creación y el trabajo en red, esto puede impulsar la visibilización de la propuesta de valor ente los clientes y demás partes interesadas. Incluir, no solamente los socios claves habituales, sino aquellos que en algún momento pueden establecer una estrategia en el momento de producir productos secundarios derivados de la producción primaria.
Costos	La propuesta de valor representa una ventaja competitiva porque al reutilizar un producto que en el momento no se está aprovechando y cuyo valor comercial es insignificante y con la adaptación de un modelo circular generará ingresos adicionales para la empresa y demás socios claves y partes interesadas. La creación de valor circular debe cubrir los costos en lugar de reducirlos.

Elaborada a partir de [10, 14, 19]

### 3.2 Factibilidad de la idea de negocio

Se desarrolló con base a los componentes que hacen factible una idea de negocio: estudio de mercado, estudio técnico, estudio económico-financiero, para la elaboración del producto seleccionado a base de lactosuero ácido: bebida láctea fermentada. El estudio de mercado se enmarco en los elementos tradicionales que lo conforman, determinación y cuantificación de la demanda y oferta, análisis de precios y comercialización de un producto a base de lactosuero ácido con intención de incursionar en un mercado determinado. El aspecto diferenciador que aportó este estudio al modelo de negocio de lactosuero se relacionó con el diseño de la encuesta a los consumidores bajo el enfoque de la matriz de empatía para reunir la mayor información del entorno, hábitos de consumo, necesidades (Tabla 4).

**Tabla 4.** Preguntas orientadoras a los consumidores elaboradas en las dimensiones en los bloques de la matriz de empatía [9]

Matriz empatía	Preguntas orientadoras
¿Qué piensa y siente?	1. ¿Conoce usted qué es el lactosuero?
	2. ¿Conoce usted las propiedades nutricionales del lactosuero?
	7. Le gustan los derivados lácteos?
	8. Cuáles de los siguientes beneficios, cree que trae el consumo de yogurt o lácteos en su vida?
	9. ¿Consume usted frecuentemente yogurt u otras bebidas lácteas fermentadas?
	11. En que presentaciones prefiere adquirir yogurt o bebidas lácteas?
	15. En qué presentación prefiere encontrar en el mercado este tipo de productos

	16. Tiene alguna marca de preferencia o le es indiferente 17. ¿Porque prefiere la marca que consume? 18. En qué momento del día prefiere consumir yogurt o bebidas lácteas? 19. ¿Usted consumiría, compraría un yogurt o bebidas lácteas elaborados con lactosuero como ingrediente principal?
¿Qué dice y hace?	6. ¿Sí ha consumido estos productos, los recomendaría?12. Su compra se ve directamente relacionada con: gusto propio, consejos de amigos o entorno, influencia figuras públicas, entorno familiar.
¿Qué oye?	3. ¿Conoce usted productos que contengan lactosuero?4. ¿Ha consumido productos que contengan Lactosuero?
¿Qué ve?	5. ¿Si los ha consumido, Generalmente en que sitio ha comprado estos productos? 13. Donde compra usualmente este producto 14. Al realizar la compra de yogurt o bebidas lácteas usted normalmente se fija en: precio, calidad, contenido nutricional, marca, cantidad, todas la anteriores.
Esfuerzo	10. ¿Con que frecuencia compra usted yogurt o bebidas lácteas?
Resultados	20. Que espera encontrar en un producto que es nuevo en el mercado?

El análisis del instrumento de la encuesta desde las dimensiones de la matriz de empatía revelo importantes aportes para el perfil y diseño de la bebida láctea fermentada a base de lactosuero ácido, expuso lo que esperan los clientes encontrar en el producto, en este contexto se reconoce que el análisis de las dimensiones: *¿qué piensa y siente? ¿Qué dice y hace? ¿Qué ve? ¿Qué oye?* proporcionaron un enfoque de co-creación conjunta entre consumidores-diseñadores, lo que propicia procesos de innovación, mejoramiento o rediseño del producto [9].

Sin embargo, en el proceso de transferencia a la circularidad se puede robustecer el instrumento acorde a lo mencionado en [10], donde resaltan la necesidad de incluir a los socios claves para generar una sinergia entre las dimensiones del modelo Canvas con la matriz de empatía con el propósito de impulsar la propuesta de valor y considerar a los consumidores y socios claves como agentes de cambio en la propuesta de valor circular.

Los resultados del estudio de mercado indicaron que existe disponibilidad de compra para la bebida láctea fermentada. 84,8% de los encuestados tienen aceptación frente al consumo de un producto con una alta cantidad de lactosuero, lo cual refleja una demanda amplia. El comportamiento de la oferta infiere un aumento en el consumo de derivados lácteos a nivel nacional, esto genera un incremento de este tipo de productos en el mercado ampliando la competencia a nivel local y regional.

Se puede inferir que la demanda está cubierta y en diferentes establecimientos se ofrece yogur y bebidas lácteas fermentadas, de esta manera se puede afirmar que la demanda en relación con la oportunidad está satisfecha no saturada, existiendo consumidores para el producto propuesto [9].

El estudio técnico del proyecto entregó información referida a la localización óptima para el desarrollo de la idea de negocio, el tamaño del proyecto, la llamada ingeniería del proyecto (que incluyo balances de materia y energía), la descripción de la distribución física de la planta y requerimientos de recursos. El proceso de elaboración del producto a base de lactosuero ácido requiere 10 etapas en donde intervienen operaciones y procesos unitarios (Figuras 3 y 4), información básica para materializar la reducción y el reciclaje del lactosuero ácido bajo el enfoque de la EC.

La bebida láctea contiene 33% suero ácido, 43.6% de leches descremada y el 23,4% restante corresponde a insumos como aditivos y edulcorantes.

El estudio económico-financiero al igual que los anteriores componentes, se desarrolló con base a los elementos tradicionales para conocer la rentabilidad del proyecto a nivel de las inversiones, costos e ingresos, generando los insumos para el cálculo de la inversión total, el financiamiento e indicadores para obtener la respectiva evaluación financiera, En el reporte de [9], se aprecia los cálculos que determinaron la inversión fija (\$230.940.899), el capital de trabajo de (\$463.701.988), y la inversión de capital total (\$ 694.642.887) para el año inicial o cero. El valor del capital de trabajo (\$463.701.988) y la cantidad de litros de bebida a procesar (2.454.270 Litros/ año), permite inferir que se requiere invertir \$15.456.732/día para elaborar 6736 ,9 litros de bebida láctea; el valor de 1 litro de bebida láctea a precio de costo es de \$2.295.

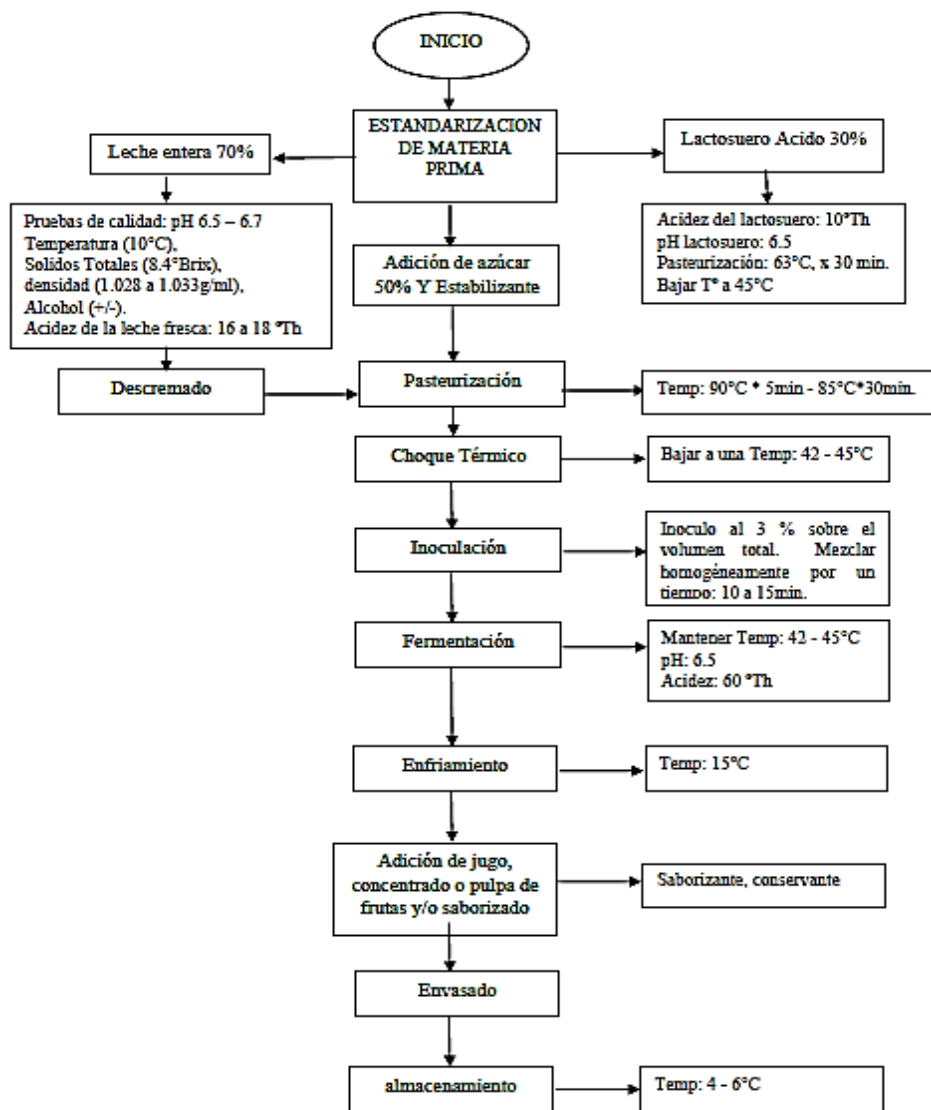


Figura 3. Diagrama de bloques para la elaboración bebida láctea fermentada a base de lactosuero ácido

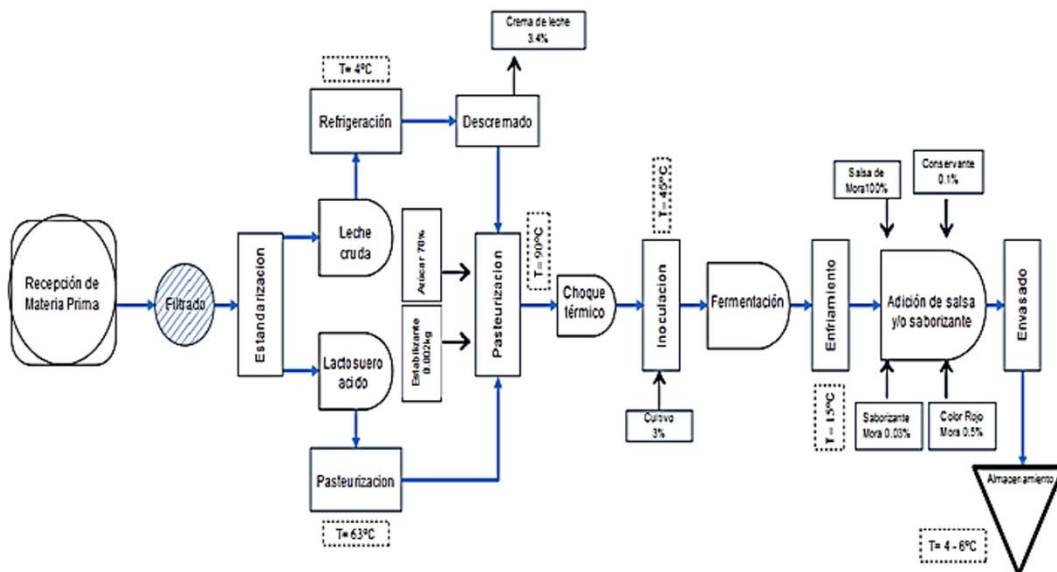


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración bebida láctea fermentada a base de lactosuero ácido

La revisión de la literatura científica exhibe un alto número de investigaciones que conducen a desarrollos tecnológicos para transformar el lactosuero en otros productos con valor agregado, sin embargo, a pesar que han demostrado ser alternativas económicas para las empresas queseras y una reducción del impacto contaminante del lactosuero, no se enmarcan totalmente en el concepto de EC dado que no exponen un

procedimiento de medición para el cumplimiento de los principios de la EC. Se hace necesario para el modelo de EC la inclusión de métricas para medir la efectividad de la circularidad [18, 27]. Las métricas más factibles para ser implementados en la circularidad del lactosuero ácido con base al perfil de las pymes a partir de la clasificación realizada por [12], se exponen a continuación:

- *Índices de circularidad.* Su implementación aporta al grado de circularidad del proceso de reciclaje, al producto primario e incluso a todos los demás procesos de las empresas en términos cuantitativos que pueden ir en escalas numéricas o en porcentualidad. El valor económico circular CEV y el prototipo de indicador de EC CEIP, son los indicadores que podrían establecerse como métricas para verificar que el proceso productivo de aprovechamiento del lactosuero ácido es circular. El CEV mide el porcentaje de reducción de desechos y se puede complementar con el CEIP a través de una lista de verificación con preguntas sobre diseño, fabricación, comercialización, uso y fin de vida del producto, en este concepto se puede recomendar un modelo de negocio circular valorado a través del CEV y el CEIP desde la producción primaria (elaboración de queso doble crema) y la elaboración de productos a base de lactosuero (bebida láctea fermentada con características similares al yogur) en vez de aplicarlos únicamente a la línea de producción de derivados de lactosuero.
- *Herramientas e indicadores de evaluación de la circularidad.* La EC del lactosuero ácido se enfoca en la reducción y el reciclaje más que a la reutilización puesto que una vez se obtiene en la etapa de desuerado no es sometido a ningún otro proceso y desde ese momento es considerado un residuo sin valor. La *reducción* va en términos de utilizar la mínima cantidad de recursos externos (por ejemplo el consumo de agua o de producción) y a la reducción de los efectos contaminantes del lactosuero en el medio ambiente. El *reciclaje* porque hay una transformación del suero en nuevos productos. La reducción como el reciclaje del lactosuero ácido requieren involucrar metodologías apoyadas en herramientas que de manera objetiva estimen y evalúen los impactos que la circularidad puede generar sobre las dimensiones de la sostenibilidad (económica, social, ambiental) y la circularidad.

En los aportes de [12] se indica que son tres las metodologías de mayor uso en modelos de negocio circular: la evaluación del ciclo de vida ECV LCA, análisis de flujo de materiales MFA y análisis de entrada y salida IO. Otros [23] recomiendan la aplicación de la LCA y del EMA y la integración de la LCA y EMA para genera el LEAF para evaluar la EC en la agroindustria, específicamente en productos lácteos. La LCA es la de mayor aplicabilidad [13, 23]. Es una metodología adaptable la cual permite incorporar indicadores de evaluación CE, que pueden valoran diferentes aspectos de la circularidad de un sistema, incluyendo aquellos que están fuera del alcance de la definición de LCA. Los CE Assessment indicators para la propuesta de valor del rehúso de lactosuero podrían ser:

- Indicador de longevidad (*longevity indicator*): es un indicador de tiempo más que económico. Mide el tiempo que se retiene un material en un sistema de producción, los impactos que puede ocasionar y la comparación de costos de las acciones a realizar para subsanar los impactos de la vida útil inicial del material sin ningún proceso de reuso y la ganada debido a la reutilización.
- Indicador potencial de recursos (*Resource Potential Indicator RPI*): es un indicador integral; mide la capacidad tecnológica con la que se cuenta para reciclar el material y el costo de la recuperación del material a reciclar.
- Indicador de la eficiencia de recursos basado en el valor (*Value-based Resource efficiency VRE*): es un indicador económico que relaciona el valor agregado al producto reciclado y el costo de los recursos utilizados.

### 3.3 Alternativa viable del proyecto de negocio

En los modelos de negocio circulares es indispensable incluir indicadores financieros para evaluar la rentabilidad y el retorno de la inversión y validar de forma cuantitativa la sostenibilidad del modelo circular [18]. En los modelos comerciales, el desarrollo de la evaluación financiera requiere de dos pasos fundamentales: la preparación de financiamiento y la preparación de la inversión, las cuales influyen fuertemente en el apalancamiento económico de una propuesta circular y en la decisión de inversión [28],

pero las forma de validar y evaluar la financiación y las inversiones aplicadas a negocios circulares no ha sido tema relevante de investigación y las publicaciones científicas son escasas e incipientes. El escenario anterior conlleva a emplear metodologías de financiación tradicionales a la circularidad como valor presente neto VPN, tasa interna de retorno TIR, Relación B/C y análisis de sensibilidad; la aplicación de estos indicadores permite demostrar que tan sostenible es el modelo circular en la etapa de ejecución para colocarlo en marcha.

En la propuesta de valor circular del lactosuero ácido para la elaboración de una bebida láctea fermentada, esta etapa se inició con los resultados de la estructura económica de la factibilidad de la idea de negocio la cual se describe al detalle en [9]. Se calculó el punto de equilibrio Xe, con un valor de 94762 litros/año de bebida láctea, resultado beneficioso sí se tienen en cuenta que la producción esperada se fijó en 2.454.270 litros/año; indicando que, en escenarios pesimistas, cuando la producción se reduzca por debajo del 10%, aun el proyecto es rentable.

El proyecto puede operar ante situaciones de baja disponibilidad de lactosuero o leche o en la decisión de disminuir la producción diaria como consecuencia de los cambios de mercado de los insumos. El valor actual neto (VAN) del proyecto sin financiamiento fue de \$1.190.393.026 con una TIR de 80,54% y un RB/C de 1,71, este valor presentó una reducción cuando se opta por dos sistemas de financiamientos: \$871.764.918 al 25% con una TIR de 70,50% y un RB/C de 1,25 y de \$789.429.029 al 50% con un valor de TIR de 66,4% y un RB/C de 1,14; aceptar cualquier de las opciones, resulta poco atractivo, pero desde que el VAN se mantenga positivo se considera que el proyecto es económicamente viable y genera beneficios económicos netos al final del periodo de tiempo del proyecto. El flujo neto de operación para cada alternativa indicó que las utilidades netas se reducen durante cinco años, siendo menor cuando se opta por el financiamiento al 50%.

La evaluación financiera se complementó con el análisis de sensibilidad para evaluar la variabilidad de la inversión de capital total del proyecto en diferentes escenarios pesimistas. Se tomó como contexto la disminución de los ingresos y el aumento de los egresos durante los 5 años del proyecto con respecto al valor IPC ( índice de precios al consumidor) el cual relacionó el costo de vida en Colombia y el aumento que han registrados los precios de los producto de consumo básicos durante todo el 2021, el cual fue alrededor del 0,47% y para el sector de alimentos y bebidas no alcohólicas del 0,76%; con base a esta información se asumió un escenario en que los ingresos del proyecto se reduzcan y los egresos se aumenten en un rango entre 0,4% a 0,8% toda vez que se analizó que el IPC nacional al 2021 fluctuó entre 0,4 a 0,47% y el IPC para el sector de alimentos y bebidas no alcohólicas estuvo entre 0,46% a 0,76% [29].

El análisis de sensibilidad se llevó a cabo teniendo como base los resultados del VAN, TIR al 0,0% y 25% de financiamiento considerado como la mejor opción de subvención. Los resultados obtenidos mostraron que el VAN al 0,0 y 25% de financiamiento cuando el IPC oscilo entre 0,4% a 0,8%, no generó valores presentes netos negativos. La TIR para el 25% de financiación registro valores entre 70,50% a 68,86%; considerando entonces que sigue siendo viable el proyecto en el horizonte estudiando y en situaciones pesimistas [9].

### **3.4 Modelo circular propuesto**

La EC es perfectamente aplicable al uso y generación de valor del lactosuero, no solo por aprovechar la composición química sino porque que es considerado como el mayor de los subproductos que se derivan del procesamiento de alimentos: en la industria cárnica se generan entre 30 a un 52%, pesquera entre 30 hasta un 75%, vegetales entre 5% -50%, de la industria de oleaginosas 40 a un 70%, sector azucarero 88% y la industria láctea -suero 90% [13].

El proceso actual de obtención del lactosuero ácido en las empresas del municipio de Belén, sigue el modelo tradicional donde para elaborar el queso doble crema se toman materias primas, se produce y luego se desecha el subproducto (Figura 5).

En la Figura 6 se presenta la propuesta del modelo de negocio para la conversión de la cadena de valor lineal a la cadena de valor circular del lactosuero ácido la cual incluye la fabricación de queso doble crema como producción primaria y la bebida láctea fermentada a base de lactosuero ácido como secundaria. El



modelo se centra en el cumplimiento de los principios de la EC: Reducción y reciclaje. La reducción refiere a la disminución total de contaminantes de la industria quesera y menor consumo de agua en la elaboración de productos a base de lactosuero ácido debido a su característica líquida. El reciclaje refiere al proceso de conversión en un nuevo producto de un residuo potencialmente contaminante para el medio ambiente, pero con un alto contenido nutricional.

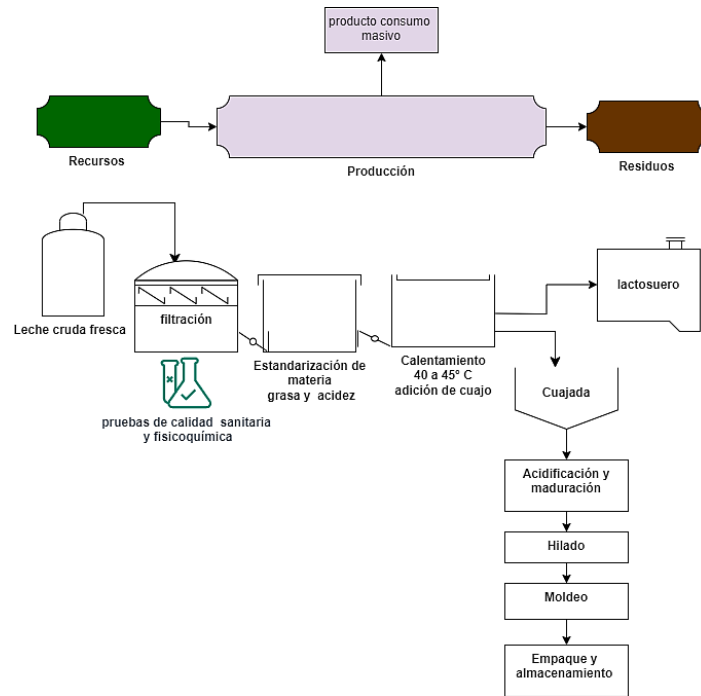


Figura 5. Proceso de elaboración de queso doble crema bajo siguiendo modelo de economía lineal

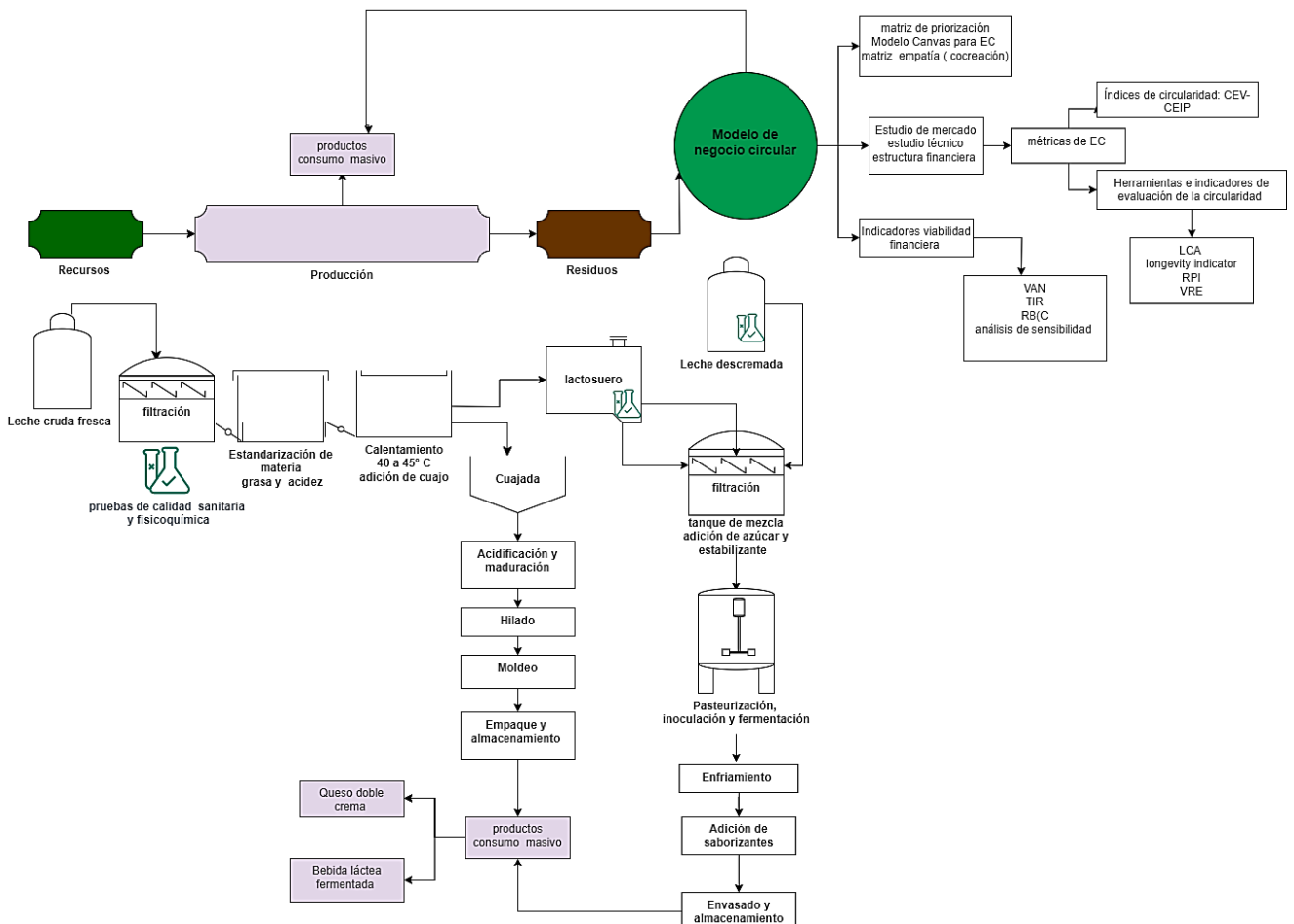


Figura 6. propuesta del modelo de negocio para la conversión de la cadena de valor lineal a la cadena de valor circular del lactosuero ácido a partir del queso doble crema

El mayor desafío no es crear procesos para generar productos a base de lactosuero, sino ocasionar que las actividades que conforma el modelo de negocio de EC incluyan la gestión reparadora y regenerativa sostenible en el tiempo, de este modo la propuesta de valor circular vincula metodologías, técnicas y herramientas de gestión de proyectos, estrategias organizacionales, marcos de evaluación con enfoque ambiental y de procesos e indicadores claves de desempeño para evaluar la circularidad y sostenibilidad de la EC. En su conjunto le proporciona al modelo un carácter holístico para destacar tres enfoques: reducción total de contaminantes de la industria quesera, menor consumo de agua en la elaboración de productos a base de lactosuero ácido y aprovechamiento de los componentes nutricionales del lactosuero.

Un modelo comercial bien diseñado puede producir varios circuitos de valor [11]; en el caso de lactosuero ácido, el modelo de la Figura 6 es adaptable para las líneas de fabricación de otros productos en donde se emplee el lactosuero de forma directa: helados, queso ricota, bebidas energizantes.

#### 4. CONCLUSIONES

Los modelos de economía lineal son estacionarios mientras los de EC son dinámicos. El cambio a la circularidad no debe ser únicamente en las líneas de producción sino desde la declaración de los objetivos estratégicos y los indicadores claves de desempeño de la empresa, por lo que un modelo de negocio circular bien diseñado no solo es un aporte a la sostenibilidad, es una ventaja competitiva porque puede mejorar el desempeño empresarial al manejar y mantener con efectividad el uso de los recursos y las dimensiones de la circularidad con el transcurso del tiempo.

En el enfoque lineal se sigue la ruta de consumo de recursos *tomar, usar y desechar*, mientras que en el enfoque circular se debe *compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar* los recursos tanto sean posible.

La cadena de valor lineal del lactosuero ácido se caracteriza por un modelo de *final de vida*, mientras que al integrar una propuesta de valor circular, la generación de suero ácido debe seguir un modelo *de la cuna a la cuna*, es decir, crear un circuito cerrado en donde se evidencie la mínima utilización de recursos externos (por ejemplo, el consumo de agua de producción) y la reducción de los efectos contaminantes del lactosuero en el medio ambiente.

Se tiene claro la necesidad imperante de hacer el cambio de lo lineal a lo circular pero la forma de llevarlo a cabo no, lo que para muchas empresas se torna en un gran desafío u obstáculo. Actualmente el sector lácteo carece de experiencia y comprensión de los beneficios y desafíos de los modelos comerciales circulares, desde este ángulo se infiere la existencia de gran vacío en la gestión y generación de conocimiento para planificar, materializar y mantener los principios de la EC bajo la visión de modelos de negocio circulares.

La propuesta de modelo de negocio para la conversión de la cadena de valor circular del lactosuero ácido es integral y requiere de un total acompañamiento a las unidades productoras de queso doble crema en donde que desee implementar. Se necesita generar alianzas entre la academia, empresas y sectores externos (empresa privada, gobierno, clústeres), para iniciar la implementación de la EC en el sector lácteo en Boyacá y en Colombia.

## REFERENCIAS

- [1] Ostertag F. et al. (2023). Protein valorisation from acid whey – Screening of various micro- and ultrafiltration membranes concerning the filtration performance. *International Dairy Journal* 146, 105745.
- [2] Karim A. y Aider M. (2022). Production of prebiotic lactulose through isomerisation of lactose as a part of integrated approach through whey and whey permeate complete valorisation: A review. *Int. Dairy J.* 126, 105249.
- [3] Rama G. et al. (2019). Potential applications of dairy whey for the production of lactic acid bacteria cultures. *International Dairy Journal* 98, 25-37.
- [4] Ordoñez E. et al. (2023). Biohydrogen production from fermented acidic cheese whey using lactate: Reactor performance and microbial ecology analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*.
- [5] Londoño M. (2006). Aprovechamiento del suero ácido de queso doble crema para la elaboración de quesillo utilizando tres métodos de complementación de acidez con tres ácidos orgánicos. *Perspectivas en Nutrición Humana. Universidad de Antioquia* 16, 11-20.
- [6] Motta Y. y Mosquera W. (2015). Aprovechamiento del lactosuero y sus componentes como materia prima en la industria de alimentos. *@limentech ciencia y tecnología alimentaria* 13, 81-9.
- [7] Zhao G. et al (2023). Transforming acid whey into a resource by selective removal of lactic acid and galactose using optimized food-grade microorganisms. *Bioresource Technology* 387, 129594.
- [8] Krolitzki E. et al. (2023). Protein valorisation from acid whey – Screening of various micro- and ultrafiltration membranes concerning the filtration performance. *International Dairy Journal* 146, 105745.
- [9] Torres G. (2021). Cuerpo de conocimiento de la gerencia de proyectos PMBOK para el estudio de pre-inversión con evaluación de oportunidades de negocio en empresas lácteas del municipio de Belén, Boyacá. Tesis de maestría. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- [10] Salvador R. et al. (2021). Key aspects for designing business models for a circular bioeconomy. *Journal of Cleaner Production* 278(1), 124341.
- [11] Savini F. (2023). Futures of the social metabolism: Degrowth, circular economy and the value of waste. *Futures* 150, 103180.
- [12] Corona B. et al. (2019). Towards sustainable development through the circular economy — A review and critical assessment on current circularity metrics. *Resources, Conservation and Recycling* 151, 104498.
- [13] Valenti F. et al. (2020). Life cycle assessment of agro-industrial by-product reuse: a comparison between anaerobic digestion and conventional disposal treatments. *Green Chem* 22, 7119-7139.
- [14] Chen P. y Dagestani A. (2023). What lies about circular economy practices and performance? Fresh insights from China. *Journal of Cleaner Production* Volume 416, 137893.
- [15] Bröring S. y Vanacker A. (2022). Designing Business Models for the Bioeconomy: What are the major challenges? *EFB Bioeconomy Journal* 2, 100032.
- [16] Sakthivelmurugan E. et al. (2022). Analysis of the impact of circular economy over linear economy in the paper processing industry. *Materials Today: Proceedings* 66(3), 1446-1452.
- [17] Morseletto P. (2023). Sometimes linear, sometimes circular: States of the economy and transitions to the future. *Journal of Cleaner Production* 390, 136138.
- [18] Uvarova I. et al. (2020). Transition to the circular economy and new circular business models-an in-depth study of the whey recycling. En *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*.
- [19] Henzen R. y Week E. (2022). *Economía circular: Un enfoque práctico para transformar los modelos empresariales*. Marge Books.
- [20] Bröring S. y Vanacker A. (2022). Designing Business Models for the Bioeconomy: What are the major challenges? *EFB Bioeconomy Journal* 2, 100032.
- [21] Marshall D. et al. (2023). Are you ready for the sustainable bio-circular economy? *Business Horizons*.
- [22] Yaashikaa P. et al. (2022). Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: A critical review. *Bioresource Technology* 23,126126.
- [23] Oliveira M. et al. (2021). Circular economy in the agro-industry: Integrated environmental assessment of dairy products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 148, 111314.
- [24] Amézquita A. et al. (2017). Diseño de un subproducto a base de lactosuero en la Fábrica de Lácteos Belén. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana.
- [25] Martín J. (2018). ¿Qué es y cómo hacer una matriz de priorización? Recuperado: <https://www.cerembs.co/blog/que-es-y-como-hacer-una-matriz-de-priorizacion>
- [26] Urban M. et al. (2018). Airline categorisation by applying the business model canvas and clustering algorithms. *Journal of Air Transport Management* 71, 175-192.
- [27] Stanchev P. et al. (2020). Multilevel environmental assessment of the anaerobic treatment of dairy processing effluents in the context of circular economy. *Journal of Cleaner Production* 26, 121139.
- [28] Agyapong D. y Tweneboah G. (2023). The antecedents of circular economy financing and investment supply: The role of financial environment. *Cleaner environmental Systems*, 8, 100103.
- [29] DANE. (2020). Censo Nacional. Departamento Nacional de Estadística.

# Estrategias para un plan de mantenimiento integral en una empresa de embotellado

Juan Daniel Díaz Marín<sup>1</sup>

Nelson Antonio Vanegas Molina<sup>2</sup>

*Universidad Nacional de Colombia, Colombia*

En este capítulo se describe una implementación en una empresa dedicada a la elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y otras aguas embotelladas. La compañía cuenta con cinco líneas de embotellado, las cuales producen un aproximado de dos millones de botellas al día, sin embargo, la planta se rige bajo un mantenimiento correctivo, lo cual genera paradas de producción inesperadas por la falla de algún componente, demoras en los tiempos de mantenimiento, tiempos muertos por falta de repuestos, baja disponibilidad y confiabilidad de las máquinas y altos costos de mantenimiento. Además, la lubricación se realiza de manera empírica con base en los conocimientos del lubricador, no existe un plan de capacitación o entrenamiento continuo, ni un plan de lubricación establecido con el cual se pueda evidenciar y regular el tipo de lubricante aplicado, la cantidad y la frecuencia en la que se debe aplicar, lo que incrementaba la probabilidad de fallas por lubricación y los costos. Es el objetivo de este proyecto es desarrollar un diagnóstico para posteriormente realizar la implementación de un plan de integral de mantenimiento preventivo y de lubricación para las líneas de producción de bebidas carbonatadas en la planta. La metodología seleccionada para el desarrollo del proyecto es la del Mantenimiento Total Productivo TPM, la cual se divide en ocho pilares que se abordan para alcanzar la eficiencia esperada en el mantenimiento, tanto a nivel técnico como administrativo. Los resultados que se obtienen permiten planear y llevar a cabo actividades de mantenimiento de una manera más organizada, generando a su vez datos históricos para analizar a futuro el comportamiento de los componentes y fallas similares a las ya ocurridas. Se trata del primer paso para lograr un plan de mantenimiento óptimo y eficiente, pero de amplia relevancia para la operación y rentabilidad de la empresa.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Mecánico, Especialista en Mantenimiento y Estudiante de Maestría Ingeniería Mecánica. Contacto: [juddiazma@unal.edu.co](mailto:juddiazma@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Mecánico y Magíster Ingeniería Mecánica. Contacto: [nvanegas@unal.edu.co](mailto:nvanegas@unal.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La empresa objeto de estudio fue fundada hace 13 años y está ubicada en el municipio de Girardota, Antioquia, es una empresa dedicada a la elaboración de bebidas no alcohólicas, producción de aguas minerales y de otras aguas embotelladas [1, 2]. La compañía cuenta con cinco líneas de embotellado las cuales producen un aproximado de dos millones de botellas diarias. Sin embargo, la planta se regía bajo un mantenimiento correctivo, lo cual genera paradas de producción inesperadas por la falla de algún componente, demoras en los tiempos de mantenimiento, tiempos muertos por falta de repuestos, baja disponibilidad y confiabilidad de las máquinas, y altos costos de mantenimiento.

Además, la lubricación se realizaba de manera empírica basada en los conocimientos del lubricador, no existía un plan de capacitación o entrenamiento continuo, ni un plan de lubricación establecido en el cual se pudiera evidenciar y regular el tipo de lubricante aplicado, la cantidad y la frecuencia en la que se debía aplicar, lo que incrementaba la probabilidad de fallas por lubricación y los costos de mantenimiento.

Como primer paso para dar solución a este problema, la empresa adquirió el software de mantenimiento Mántum, con el fin de planear y llevar a cabo actividades de mantenimiento de una manera más organizada, generando a su vez datos históricos para analizar a futuro el comportamiento de los componentes y fallas similares a las ya ocurridas. Sin embargo, este sería solo el primer paso para lograr un plan de mantenimiento óptimo y eficiente, ya que sería la base para llegar a un mantenimiento proactivo (Figura 1), un complemento entre las técnicas preventivas y las predictivas acompañadas de una óptima planeación de actividades [3-6].



Figura 1. Mantenimiento proactivo y sus fases

Para lograr la estrategia de implementar un plan de mantenimiento integral en la empresa de embotellado, se traza una ruta que busca como objetivo general desarrollar un plan de integral de mantenimiento preventivo y de lubricación para las líneas de producción de las bebidas carbonatadas en la planta y además lograr como objetivos específicos: 1) recopilar y evaluar información en campo y con personal de la empresa sobre el contexto operacional de los equipos más críticos en las líneas de producción; 2) evaluar condiciones de operación y mantenimiento de los equipos seleccionados, para validar los datos obtenidos; 3) analizar los modos y efectos de fallas de las principales máquinas del proceso y sus subsistemas; 4) definir las actividades de mantenimiento e inspecciones de los equipos, que se deben realizar para reducir la probabilidad de fallas; 5) generar un plan de capacitación técnica, para el personal de mantenimiento planeado y autónomo para la futura implementación del programa de mantenimiento integral.

La empresa de embotellado de este caso de estudio ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos cinco años, situándose como una de las empresas embotelladoras más importantes del país y con un crecimiento económico muy alto en el año 2021; sin embargo, las paradas por fallas inesperadas y la baja disponibilidad de las máquinas, generan constantemente una producción reducida y escases en los inventarios, teniendo que regular o reducir las ventas; además de los altos costos de mantenimiento o reparación y largos tiempos improductivos por falta de repuestos, personal o conocimiento sobre la

máquina. Por esto es importante avanzar y desarrollar un plan de mantenimiento que vaya acorde a las necesidades de la empresa, buscando un mayor crecimiento económico al incrementar producción y reducir costos. Iniciando con la recolección de información para conocer el estado actual de los equipos, su funcionamiento y las necesidades que se deben atender en cuanto a mantenimiento y lubricación.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

Dentro del estado del arte se reporta información sobre las industrias de embotellado, sus inicios, su evolución a lo largo de la historia, la implementación del material PET para las botellas, las principales máquinas y sistemas que componen este proceso y las últimas novedades tecnológicas [7] (Figura 2).



Figura 2. Infraestructura típica de una empresa de embotellado

En la Tabla 1 se muestra el árbol jerárquico de activos disponibles en la empresa de embotellado de este caso de estudio para la línea de producción No. 1, lo cual evidencia la magnitud y detalles de las máquinas existentes en la línea de producción.

Tabla 1. Árbol jerárquico de activos de la línea de producción No. 1: Bebidas carbonatadas

Referencia	Descripción
EQ-001	Sopladora Blomax 16 KHS
EQ-002	Transportador aéreo KHS
EQ-003	Mixer Krones
EQ-004	Equipo de refrigeración Sondex L1
EQ-005	Llenadora KHS
EQ-006	Transportador botellas KHS
EQ-007	Video JET L1
EQ-008	Etiquetadora Sacmi Labelling L1
EQ-009	Enfardadora SMI SK600P L1
EQ-010	Transportador de paquetes L1
EQ-011	Paletizadora QCME
EQ-012	Estresadora Techno Wrapp

Para articular más los detalles de mantenimiento, en la Tabla 2 se muestra un listado general de las actividades de mantenimiento que realizan a la Sopladora Blomax 16 KHS de la línea de producción No. 1 y que posteriormente deben ser implementadas de forma planeada y organizada.

Tabla 2. Actividades de mantenimiento Sopladora Blomax 16 KHS

Actividad	Entidad	Tipo	Especialidad
Reparación general	EQ-001-C	Correctiva	Mecánica
Verificación semestral	EQ-001-S	Sistemática	Técnico de soplado
Verificación trimestral	EQ-001-S	Sistemática	Técnico de soplado
Verificación mensual	EQ-001-S	Sistemática	Técnico de soplado
Lubricación mensual Sopladora Blomax 16	EQ-001-S	Sistemática	Lubricación
Actividades semanales Sopladora Blomax 16	EQ-001-S	Sistemática	Técnico de soplado
Lubricación semestral	EQ-001-S	Sistemática	Técnico de soplado
Lubricación anual	EQ-001-S	Sistemática	Técnico de soplado
Verificación anual	EQ-001-S	Sistemática	Técnico de soplado

Dado que el foco principal de este proyecto es el mantenimiento, se hace importante mencionar información sobre su historia y el cambio ha tenido de la mano con las necesidades de la industria, desde sus inicios con intervenciones correctivas, hasta su actualidad con sistemas de monitoreo de variables para estimar la probabilidad de fallo y la vida disponible que le queda a un activo y sus componentes (Figura 3).



**Figura 3.** Ciclo de evolución del mantenimiento

Otro tema para incluir dentro del estado del arte, son las diferentes estrategias de mantenimiento que existen, bien sea para detectar las causas de una falla o para prevenir la ocurrencia de la misma. Algunas de las estrategias de mantenimiento más importantes:

- *Mantenimiento entrado en confiabilidad RCM.* El mantenimiento centrado en confiabilidad es una técnica de organización de las actividades y de gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga [8].
- *Optimización de mantenimiento planeado PMO.* Es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los equipos y activos en operación. Este método facilita el diseño de un marco de trabajo racional y rentable basado en confiabilidad [9].
- *Análisis de modos y efectos de falla FMEA.* El FMEA es una herramienta de análisis eficaz que ayuda a detectar problemas potenciales y sus efectos dentro del diseño de un producto o servicio o procesos de fabricación y ensamblaje. Tiene como fin prevenir los problemas y sus efectos negativos, así como facilitar estrategias para eliminarlos. El Análisis del modo y efectos de falla es un concepto clave en la implantación u optimización de un plan de mantenimiento preventivo. El FMEA es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación que determina la gravedad y el efecto de los fallos en un sistema/equipo [10].
- *Análisis de causa raíz RCA.* Un análisis de causa raíz RCA, implica encontrar las causas fundamentales de un problema para identificar e implementar soluciones. Este tipo de análisis aborda las causas subyacentes de un problema en lugar de los síntomas superficiales [11].

En la actualidad, estas estrategias de mantenimiento van de la mano con pruebas y análisis cada vez más sofisticados que permiten obtener detalles precisos sobre la causa del fallo y el estado de los componentes en tiempo real. Algunas de las técnicas más utilizadas a nivel industrial para llevar a cabo este propósito son: 1) el ultrasonido, 2) el análisis de vibraciones, 3) la termografía y 4) el análisis de aceite o lubricante.

Dentro de la búsqueda de antecedentes en el tema de planes de mantenimiento realizados específicamente a una empresa embotelladora es relativamente poca la información existente, aunque se destaca el trabajo reciente de Rodríguez y Martínez [7]. Sin embargo, existe información más amplia y documentos de soporte en los cuales se puede evidenciar distintas formas para abordar el mantenimiento de manera preventiva y

predictiva en industrias de producción de alimentos, o con condiciones de operación similares a las máquinas. Además, una base para la implementación de un plan de mantenimiento, es apropiarse de la experiencia de profesionales en plantas de producción, los cuales llevan a cabo actividades de coordinación y desarrollan programas de mantenimiento basado en confiabilidad, análisis de modos y efectos de falla, análisis de criticidad y programas de lubricación para diversas máquinas.

### 3. MÉTODO

La metodología seleccionada para el desarrollo de este proyecto es el Mantenimiento Total Productivo TPM [12-14], la cual está dividida en ocho pilares principales, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Pilares del Mantenimiento Total Productivo TPM

Esta metodología muestra los principales pilares que se deben abordar para alcanzar la eficiencia esperada en el mantenimiento, tanto a nivel técnico como administrativo. Para esto, el primer paso, y el motivo de desarrollo de este documento, se trata de conocer los activos que se tienen, por lo que se debe levantar información sobre cada una de las máquinas, conocer sus parámetros de funcionamiento, analizar sus componentes y levantar un histórico de fallas. Luego de recopilar y analizar dicha información, se deben definir las actividades de inspección e intervención para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos. Estas actividades se pueden dividir en dos partes: 1) las que puede realizar el personal operativo, mejor conocidas como mantenimiento autónomo; y 2) las que debe realizar el personal de mantenimiento que son las intervenciones planeadas.

Al tener definidas todas las actividades, se crean instructivos y estrategias para capacitar y entrenar a todas las personas que deban intervenir, interactuar y verificar las máquinas y su funcionamiento, esto con el fin de que cada intervención sea eficiente y garantice la confiabilidad y disponibilidad de los activos, reduciendo también riesgos de accidentes o lesiones. Finalmente, la metodología TPM se debe implementar a nivel administrativo, enfocada principalmente al orden en el lugar de trabajo y a la organización en el tema de inventarios, solicitudes de repuestos, manejo de lubricantes, entre otros.

### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las cinco líneas de producción que posee la empresa de embotellado se dividen en los mismos procesos y equipos existentes:

- Soplado
- Transporte aéreo
- Mezclado
- Llenado
- Transporte de botellas
- Etiquetado
- Enfardado
- Transporte de paquetes
- Paletizado
- Estresado

Por tal motivo se decide iniciar con la recolección de información en la línea No. 1, que corresponde al proceso de soplado y verificar similitudes y diferencias con las demás líneas de producción. El primer punto a resaltar al comenzar la recolección de información, es que el proceso de soplado tiene un protocolo y un



equipo de mantenimiento especializado y enfocado netamente en sopladoras. Además, los planes y las actividades que allí se realizan son manejadas directamente por dicho equipo de trabajo y no por el personal de mantenimiento de la planta. También cabe resaltar que las sopladoras son las máquinas que cuentan con manual e información técnica a la mano del personal; gracias a esto, se logran establecer actividades de mantenimiento preventivas y un plan de lubricación definido, generando que sea este uno de los procesos de mayor eficiencia dentro de la planta. En la Tabla 3 se evidencian las actividades de mantenimiento y lubricación de la sopladora de la línea No. 1.

**Tabla 3.** Resultado de las actividades de mantenimiento de la Sopladora Blomax 16 línea No. 1

Código	Actividad
EQ-001-A-001	Lubricación semanal
EQ-001-A-002	Lubricación trimestral
EQ-001-C-001	Reparación general
EQ-001-S-001	Verificación semestral
EQ-001-S-002	Verificación trimestral
EQ-001-S-003	Verificación mensual
EQ-001-S-004	Lubricación mensual Sopladora Blomax 16
EQ-001-S-005	Actividades semanales Sopladora Blomax 16
EQ-001-S-006	Lubricación semestral
EQ-001-S-007	Lubricación anual
EQ-001-S-008	Verificación anual

Sin embargo, en los demás procesos se evidencia un mantenimiento de tipo correctivo. Motivo por el cual, dentro de un periodo de tres meses, y teniendo en cuenta la experiencia y conocimiento de personal técnico y operativo, se encontraron las fallas más frecuentes en cada máquina y los componentes de mayor criticidad para comenzar a crear actividades preventivas a modo de inspección e intervención [15, 16]. Además, a lo largo de toda la línea de producción, se identificaron todos los puntos de lubricación, con el tipo de lubricante aplicado y la frecuencia de inspección o re-lubricación. En esta actividad se lograron identificar aplicaciones inadecuadas de lubricantes, las cuales dejaban expuesto el mecanismo a desgaste, y frecuencias de lubricación altas, generando un sobre costo en el consumo de lubricantes. Como ejemplo de la información tomada, en la Figura 5 se puede evidenciar la carta de lubricación de la estresadora de la línea de producción No. 1.



**Figura 5.** Carta de lubricación de la estresadora Techno Wrapp

## 5. CONCLUSIONES

Con la información recolectada se puede evidenciar que existe una gran oportunidad de mejora al pasar de un mantenimiento correctivo a uno preventivo, ya que se logran reducir las paradas inesperadas y los costos de mantenimiento.

También, el hecho de conocer el funcionamiento de cada componente y como intervenirlos, genera mayor destreza en el personal técnico y operativo, reduce así el tiempo de las intervenciones por mantenimiento y reparación.

También cabe destacar que al conocer los puntos de lubricación y recibir asesoría respecto a los lubricantes empleados y las frecuencias de intervención, se reduciría el desgaste de los componentes, extendiendo su ciclo de vida y generando un ahorro en el consumo de dichos productos.

## REFERENCIAS

- [1] Pool. (2023). Drinks de Colombia S.A.S. Nosotros – Gaseosas Pool. Gaseosas Pool. Recuperado: <https://gaseosapool.com/nosotros/>
- [2] Revista Semana. (2023). ¿Quién es el antioqueño detrás de las gaseosas Pool? Recuperado: <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/un-pueblo-mistico/articulo/quien-es-el-antioqueno-detras-de-las-gaseosas-pool/595302/>
- [3] Olarte W. et al. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et Technica* 2(45), 223-226.
- [4] Vargas I. et al. (2017). Actualidad mundial de los sistemas de gestión del mantenimiento. *ICIDCA* 51(2), 10-16.
- [5] Olarte W. et al. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et Technica* 16(44), 354-356.
- [6] Fernández F. (2004). Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. FC Editorial.
- [7] Rodríguez C. y Martínez J. (2023). Diseño de un plan de mantenimiento en gaseosas colombianas S.A.S Sede Sur, en la línea de producción de agua potable basado en la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Trabajo de grado. Fundación Universidad de América, Colombia.
- [8] Enova. (2023). Ingeniería de mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Recuperado: <https://enovalevante.es/ingenieria-de-mantenimiento-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm-parte-3/>
- [9] Cuéllar G. y Oyola C. (2010). Optimización de mantenimiento planeado (PMO) en puerto zona Franca Argos S.A. de Cartagena. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia.
- [10] Anel J. (2021). RCM. Mantenimiento basado en la Confiabilidad. Recuperado: <https://leancomponentes.com/rcm/>
- [11] Tableau. (2023). El análisis de la causa raíz, explicado con ejemplos y métodos. Recuperado: <https://www.tableau.com/es-mx/learn/articles/root-cause-analysis>
- [12] García O. (1992). El Mantenimiento Productivo Total necesidad inminente de la industria nacional. *Ingeniería de Mantenimiento* 5(1).
- [13] Starr A. y Wynne R. (1996). An introduction to condition based maintenance and its management. En Seminario Internacional de Sistemas Avanzados de Manufactura. Pereira, Colombia.
- [14] Wireman T. (2004). Total productive maintenance. Industrial Press Inc.
- [15] Mancuzo G. (2022). Evolución del mantenimiento: Historia y actualidad. Blog – Compara Software. Recuperado: <https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>
- [16] Levitt J. (2003). Complete guide to preventive and predictive maintenance. Industrial Press Inc.
- [17] Albarracín P. (2007). Tribología y lubricación. Omega.
- [18] Albarracín P. (2017). Tribología y lubricación. Tomo I. Omega.
- [19] Albarracín P. (2019). Lubricación de máquinas I. Tomo II. Omega.
- [20] Castaño S. (2018). Implementación de un programa de lubricación en una empresa de refrigeración en el proceso de metales. Colombia.

# Evaluación de herramientas desarrolladas para la toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo

Elisa del Carmen Navarro Romero<sup>1</sup>

Javier Neira Rueda<sup>2</sup>

Angie Ramírez Rubio<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Militar Nueva Granada*

<sup>2</sup> *Universidad El Bosque*

<sup>3</sup> *Universidad Santo Tomás*

Colombia

Este capítulo de investigación tiene como objetivo realizar un análisis exhaustivo de las herramientas desarrolladas por las empresas colombianas para la toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo. Se aborda el estudio desde una perspectiva teórico-práctica, examinando los enfoques y metodologías clave utilizados en la gestión de riesgos, así como las herramientas y tecnologías empleadas en la toma de decisiones. Se investiga el impacto de estas herramientas en la gestión de riesgos empresariales y su contribución a la mejora de los procesos de toma de decisiones en los negocios. Este estudio proporciona conocimientos de valor para las empresas colombianas que buscan mejorar la gestión de riesgos y mejorar los procesos de toma de decisiones en un entorno empresarial competitivo y complejo. Se realiza un acercamiento con las herramientas y se ofrecen recomendaciones para mejorar su implementación y uso en empresas.

---

<sup>1</sup> Ingeniera Industrial y Magíster en Ingeniería Industrial. Contacto: [elisa.navarro@unimilitar.edu.co](mailto:elisa.navarro@unimilitar.edu.co); [ednavarro@unbosque.edu.co](mailto:ednavarro@unbosque.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniería Textil y Papelera y Doctora en Estadística y Optimización. Contacto: [javierneira@usta.edu.co](mailto:javierneira@usta.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniera industrial y Especialista en Evaluación y Desarrollo de proyectos. Contacto: [angiemramirez@usta.edu.co](mailto:angiemramirez@usta.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones en el ámbito empresarial constituye un proceso de vital importancia para alcanzar los objetivos y metas de una organización. Sin embargo, dicha tarea puede adquirir un nivel de complejidad adicional cuando los procesos de negocio se ven expuestos a eventos de riesgo que potencialmente pueden impactar el éxito de la empresa. En este contexto, resulta imperativo contar con herramientas especializadas que permitan a los responsables de la toma de decisiones anticipar, analizar y mitigar los riesgos asociados a los procesos de negocio. En Colombia, las empresas no son ajenas a esta realidad y han venido implementando diversas estrategias y herramientas con el objetivo de mejorar la gestión de riesgos en sus procesos de negocio. En particular, se ha observado un creciente interés en el desarrollo de herramientas destinadas a la toma de decisiones en procesos de negocio que enfrentan eventos de riesgo en los últimos años.

En esta investigación se exploran algunas de estas herramientas y metodologías desarrolladas en Colombia para la toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo. Analizaremos su efectividad en la gestión de riesgos y cómo han ayudado a las empresas colombianas a alcanzar sus objetivos y metas. También examinaremos los desafíos que enfrentan las empresas en este contexto y las oportunidades que se presentan al implementar herramientas eficaces para la toma de decisiones. En definitiva, este texto busca arrojar luz sobre una temática de gran relevancia para las empresas colombianas y para cualquier organización que desee gestionar los riesgos de manera efectiva en sus procesos de negocio. Como propósito del estudio se pretende dar respuesta a los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuál es el propósito específico de la herramienta de toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo? ¿Está alineada con los objetivos y necesidades de la organización?
- ¿Qué características y funcionalidades ofrece la herramienta? ¿Es fácil de usar y comprender para los usuarios?
- ¿La herramienta es capaz de identificar y evaluar adecuadamente los eventos de riesgo relevantes para la organización?
- ¿La herramienta proporciona una visión clara y detallada de los riesgos asociados con cada proceso de negocio? ¿Ofrece una evaluación de la probabilidad e impacto de los riesgos identificados?
- ¿Cómo se integra la herramienta con los procesos y sistemas existentes en la organización? ¿Requiere de una adaptación significativa para su implementación?
- ¿Qué tipos de análisis y reportes ofrece la herramienta para apoyar la toma de decisiones? ¿Puede generar informes personalizados según las necesidades de los usuarios?

Al realizar una evaluación exhaustiva y objetiva de las herramientas de toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo, las organizaciones pueden seleccionar la opción más adecuada para su contexto y garantizar una gestión efectiva de los riesgos en sus operaciones.

## 2. MÉTODO

En el caso de la evaluación de riesgos existen diferentes métodos y técnicas para llevar a cabo una revisión bibliográfica eficiente y rigurosa. A continuación, se explica el proceso metodológico utilizado para establecer cuáles son las herramientas para la evaluación de los riesgos en Colombia [1].

1. *Análisis de necesidades.* En esta etapa se realiza un planteamiento exhaustivo de las necesidades y requisitos específicos de evaluación de riesgos en las organizaciones. Se consideran factores como el tipo de riesgos a evaluar, los recursos disponibles y las metas establecidas por las empresas. Esto ayuda a identificar las características y funcionalidades claves que se requieren de la herramienta.
2. *Revisión de literatura y mejores prácticas.* En esta etapa se realiza la revisión de la literatura académica y técnica existente sobre evaluación de riesgos. Además, se examinan las mejores prácticas y estándares

reconocidos en la gestión de riesgos que puede ayudar a identificar las herramientas recomendadas por especialistas en el campo.

3. *Evaluación comparativa de herramientas.* En la etapa de evaluación, se realiza una revisión de la literatura académica y técnica existente sobre evaluación de riesgos. Además, se examinan las mejores prácticas y estándares reconocidos en la gestión de riesgos que puede ayudar a identificar las herramientas recomendadas por especialistas en el campo. Consiste en realizar una evaluación comparativa de varias herramientas de evaluación de riesgos disponibles en el mercado. Se pueden utilizar criterios como la usabilidad, funcionalidad, flexibilidad, escalabilidad y costo para comparar y seleccionar la herramienta más adecuada para las necesidades específicas de evaluación de riesgos.
4. *Consulta a especialistas.* Finalmente, en la etapa de consulta a especialistas, se obtiene la opinión y el asesoramiento de especialistas en evaluación de riesgos que puede ser útil para identificar las herramientas más apropiadas. Los profesionales con experiencia en el campo pueden tener conocimientos sobre las herramientas más efectivas y ampliamente utilizadas en diferentes sectores o dominios específicos

Teniendo en cuenta las etapas anteriores, al dar inicio a la revisión bibliográfica, con el objetivo de identificar y analizar las herramientas disponibles para la evaluación de los riesgos en diferentes contextos empresariales, y las preguntas de investigación estaban enfocadas en las características, ventajas y limitaciones de cada herramienta.

Luego se realizó una búsqueda sistemática de la literatura disponible en diferentes bases de datos y fuentes especializadas, como revistas científicas, libros, conferencias y otros documentos relevantes. Se utilizaron términos de búsqueda relacionados con el tema de evaluación de riesgos y herramientas, en combinación con operadores booleanos para refinar los resultados de la búsqueda.

En la realización de este capítulo se emplearon fuentes de información provenientes de bases de datos académicas. Se procedió a realizar una ecuación de búsqueda precisa y exacta para satisfacer los requisitos de información del objeto de estudio. Se utilizó un lenguaje intermedio para conseguir una relación coherente entre la información requerida y la ofrecida por las bases de datos disponibles. Es importante destacar que, aunque existen numerosas bases de datos, se revisó minuciosamente su operatividad, funcionalidad y campo de acción para asegurar una afinidad con la investigación. Para llevar a cabo una revisión sistemática adecuada, se seleccionaron las bases de datos más relevantes, como Scopus, Web of Science y ScienceDirect, debido a que contienen la mayor cantidad de artículos coincidentes con la ecuación de búsqueda. Únicamente se consideraron artículos científicos completos publicados en revistas indexadas.

En cuanto a la estrategia de búsqueda, se presentaron varios borradores en los que se refinaron los términos utilizados para garantizar una mayor precisión en los resultados [2]. Se emplearon palabras clave relacionadas con el objeto de estudio y el marco de la investigación, incluyendo nombres propios y metodologías, así como palabras clave simples y compuestas. Se inició la búsqueda en una base de datos y posteriormente se fueron ajustando los términos para obtener los resultados deseados (Tabla 1).

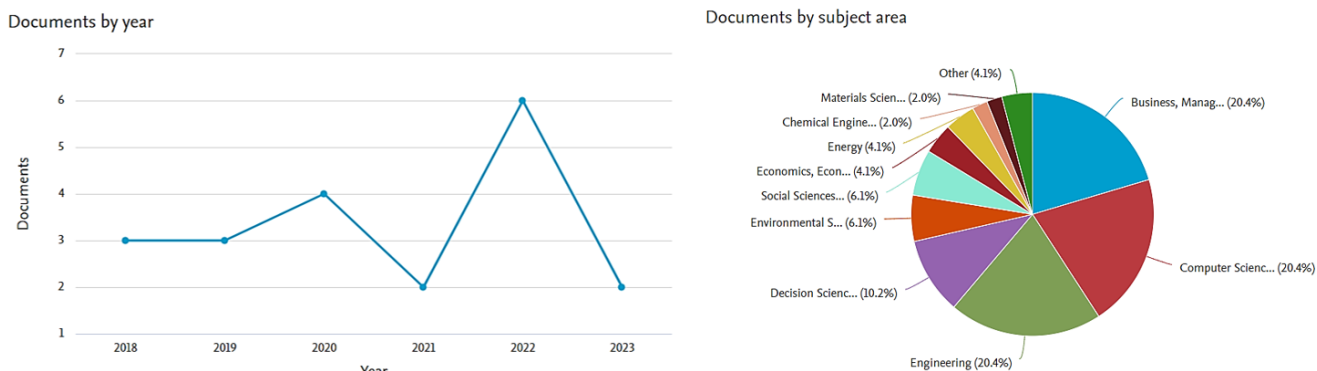
**Tabla 1.** Ecuaciones de Búsqueda

Base de datos	Ecuación de búsqueda
Scopus	(Título-ABS-KEY ("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo") OR Autor-ABS-KEY ("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo"))
Web of Science	(TS=("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo") OR TI=("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo") OR AU=("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo"))
ScienceDirect	TITLE-ABS-KEY("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo") OR TITLE("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo") OR KEY("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo") OR ABS("herramientas" AND "toma de decisiones" AND "procesos de negocio" AND "eventos de riesgo")

Una vez obtenidos los resultados de la búsqueda (Tabla 2), se procedió a la selección de los documentos relevantes para la revisión. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión, como el idioma de los documentos, la fecha de publicación y la relevancia del contenido para los objetivos de la investigación. También se realizó una evaluación crítica de la calidad y relevancia de los documentos seleccionados, con el fin de asegurar la validez y confiabilidad de los datos y conclusiones obtenidos (Figura 1).

**Tabla 2.** Resultados revisión bibliográfica Scopus

Base de datos	Resultados
Scopus	65
Web of Science	49
ScienceDirect	76



**Figura 1.** Resultados obtenidos en la base de datos Scopus

En la siguiente fase se llevó a cabo una extracción y análisis de la información relevante de los documentos seleccionados de la base de datos Scopus. Se identificaron las herramientas para la evaluación de los riesgos más utilizadas y relevantes en diferentes contextos empresariales, y se analizaron las características, ventajas y limitaciones de cada herramienta. Se utilizó una tabla comparativa para sintetizar y visualizar la información obtenida, lo que permitió una comparación sistemática y una identificación de patrones y tendencias.

En resumen, el método utilizado para establecer cuáles son las herramientas para la evaluación de los riesgos consistió en una búsqueda sistemática de la literatura relevante, la selección de los documentos pertinentes, la extracción y análisis de la información relevante, la síntesis y discusión de los resultados obtenidos, y la identificación de brechas y áreas para futuras investigaciones. Este método permitió una revisión rigurosa y exhaustiva de la literatura existente sobre el tema, y una identificación clara de las herramientas más relevantes y adecuadas para diferentes contextos empresariales [3].

Finalmente, se realizó una síntesis y discusión de los resultados, se resumieron las principales conclusiones y se discutieron las implicaciones y limitaciones de la revisión bibliográfica. También se identificaron las brechas en la literatura existente y se sugirieron áreas para futuras investigaciones (Tabla 3).

**Tabla 3.** Síntesis de los hallazgos

Base de datos	Año	Título	Autor	Resumen
Scopus	2021	Herramientas de toma de decisiones para la gestión de riesgos en procesos de negocio	García M. y Rodríguez A.	Este artículo presenta un análisis de diversas herramientas desarrolladas para la toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo. Se evalúan sus características, funcionalidades y su efectividad en la gestión de riesgos en diferentes empresas colombianas. Se destaca la importancia de implementar herramientas adecuadas para mejorar la toma de decisiones en situaciones de incertidumbre.
Web of Science	2020	Aproximaciones innovadoras para la toma de decisiones en procesos de negocio con riesgos	Martínez J. y López S.	En este artículo se revisan enfoques novedosos en la toma de decisiones en procesos de negocio que consideran eventos de riesgo. Se presentan herramientas basadas en análisis de escenarios, inteligencia artificial y modelado predictivo. Se enfatiza en la necesidad de una gestión proactiva de riesgos para lograr objetivos y metas en el contexto empresarial colombiano.

ScienceDirect	2019	Herramientas de gestión de riesgos en procesos de negocios: Una revisión sistemática	Gómez L. y Ramírez P.	Esta revisión sistemática examina diferentes herramientas de gestión de riesgos utilizadas en procesos de negocios con eventos de riesgo en el entorno colombiano. Se identifican fortalezas y debilidades de cada herramienta y se sugieren recomendaciones para una implementación efectiva. Se enfoca en la importancia de una cultura organizacional orientada a la gestión de riesgos.
---------------	------	--	-----------------------	---

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Importancia de la gestión del riesgo y el uso de herramientas

Según la definición del riesgo, este se refiere a *la probabilidad que un peligro (causa inminente de pérdida), existente en una actividad determinada durante un período definido, ocasione un incidente de ocurrencia incierta, pero con consecuencias factibles de ser estimadas* [4]. Además, el riesgo también puede entenderse como el potencial de pérdidas que existe asociado a una operación productiva, cuando cambian en forma no planeada las condiciones definidas como estándares para garantizar el funcionamiento de un proceso o del sistema productivo en su conjunto.

Es por eso que resulta imprescindible para las organizaciones identificar los riesgos relevantes a los cuales se puedan enfrentar y que puedan poner en peligro la consecución de sus objetivos, especialmente cuando la rentabilidad del negocio está estrechamente ligada a dichos riesgos [5].

La gestión integral de riesgos se refiere a un proceso estructurado, consistente y continuo en toda la organización con el objetivo de identificar, evaluar, medir y reportar las amenazas y oportunidades que pueden obstaculizar el logro de los objetivos establecidos. En el ámbito financiero, la gestión de riesgos implica la identificación, medición y evaluación colectiva de todos los riesgos que pueden afectar el valor de la entidad financiera, y la implementación de estrategias de negocio y operativas efectivas para su gestión.

Para una gestión de riesgos efectiva, es necesario establecer criterios generales de aceptación de riesgos, basados en la actividad comercial de la entidad bancaria (por segmento, mercado, producto y canal). Además, se debe utilizar un mapa de riesgos para definir el área aceptable de exposición, el nivel máximo de riesgo aceptable (área de peligro) y el área no aceptable de exposición al riesgo [6]. Es importante relacionar el nivel máximo de exposición al riesgo con el capital que se desea arriesgar de manera global y por unidad estratégica de negocio. Se debe realizar un monitoreo y medición de todas las categorías de riesgo que puedan afectar el valor del banco, tanto de manera global como por unidad de negocio, producto y proceso.

Por lo anterior, se requiere definir algunas variables que permitan a la herramienta evaluar el impacto de los riesgos en los procesos de negocio, a continuación, se detallan algunos que se tuvieron en consideración.

#### 3.2 Pérdida esperada

La pérdida esperada en riesgo es una medida utilizada para estimar la cantidad de pérdida que se espera que ocurra dentro de un período de tiempo determinado, a causa de la ocurrencia de eventos de riesgo. Es el producto de la probabilidad de ocurrencia de un evento de riesgo y la magnitud esperada de la pérdida que resultaría de ese evento. Es una medida útil para evaluar el nivel de riesgo al que se enfrenta una organización y para tomar decisiones informadas sobre cómo mitigar esos riesgos [7].

#### 3.3 Pérdida inesperada

La pérdida inesperada en riesgo se refiere al riesgo de pérdida adicional que puede ocurrir en una cartera de inversión más allá de lo que se espera en función de las medidas de riesgo tradicionales. Es decir, es la posible pérdida que excede el valor esperado o previsto. La pérdida inesperada es un aspecto importante de la gestión de riesgos, ya que las medidas tradicionales de riesgo, como la varianza y la desviación estándar, no siempre son suficientes para capturar todo el riesgo de una cartera de inversión [7].



### 3.4 Riesgo operacional

El riesgo operacional se define como la probabilidad de sufrir pérdidas inesperadas, ya sean directas o indirectas, debido a la falta de adecuados sistemas de control de gestión, fallas operativas, incumplimiento de controles internos, fraudes, eventos imprevistos o factores externos que impiden garantizar la eficiencia, efectividad e integridad de las operaciones. Este tipo de riesgo incluye el desarrollo y la oferta de productos, el procesamiento de operaciones, el desarrollo de sistemas, los sistemas computarizados, la complejidad de los productos y servicios, así como el entorno de control interno.

El objetivo de la gestión del riesgo operacional es identificar los riesgos, monitorear su mitigación a niveles aceptables y cuantificar su impacto en el capital. Cabe destacar que esta gestión no tiene como objetivo la reingeniería de procesos ni la optimización de los mismos. La gestión efectiva de este tipo de riesgo es crucial para cualquier empresa en cualquier sector económico, pero en particular para la industria bancaria, donde es esencial identificar y gestionar adecuadamente los riesgos para garantizar el éxito del negocio [8].

Para comprender los desafíos que conlleva la gestión del riesgo operacional es crucial destacar sus diferencias con los riesgos de crédito y mercado. En primer lugar, este riesgo está más relacionado con los procesos que con los productos. En segundo lugar, no siempre se deriva de las transacciones, lo que significa que no siempre se refleja directamente en la cuenta de resultados. En tercer lugar, es difícil preverlo a partir de datos históricos y en ocasiones no se puede reducir mediante la diversificación. Y, finalmente, no se asigna objetivamente a una línea de negocio específica, sino que se asume como parte del negocio en su conjunto, no como resultado de la búsqueda de beneficios y rentabilidades.

En este sentido, las entidades financieras están enfocando sus esfuerzos en desarrollar herramientas tanto cualitativas como cuantitativas para medir y controlar el riesgo operacional. Las técnicas cualitativas buscan detectar los riesgos, actuales y potenciales, para la toma de decisiones de gestión, con el fin de identificar y vigilar para mejorar continuamente los procesos y sistemas de control que minimizan los riesgos con posibilidad de ocurrencia, desarrollando así modelos cada vez más avanzados.

Por otro lado, las técnicas cuantitativas buscan crear conciencia en la organización sobre el nivel y la naturaleza de los eventos de pérdida operacional, reflejando estadísticamente el comportamiento de las pérdidas y situando la pérdida esperada e inesperada. Esto permite asignar fondos (para la pérdida esperada) y capital (para la pérdida inesperada), así como medir adecuadamente la eficiencia de las líneas de negocio [9].

El riesgo operacional implica una amplia gama de riesgos que pueden afectar a una organización, incluyendo pérdidas financieras directas e indirectas, pérdida de reputación, multas regulatorias, litigios y sanciones, entre otros. Estos riesgos pueden ser causados por una variedad de factores, como sistemas de control inadecuados, problemas operativos, incumplimiento de controles internos, fraudes, problemas imprevistos o eventos externos que pueden interrumpir la integridad, efectividad y eficiencia de las operaciones. Además, el riesgo operacional está más vinculado a los procesos que al producto, lo que puede dificultar su predicción y gestión.

Por lo tanto, la gestión del riesgo operacional requiere de un enfoque integral que aborde todos estos factores, a través de herramientas cualitativas y cuantitativas de medición y control del riesgo, identificación de los riesgos actuales y potenciales, y mejora continua de los procesos y sistemas de control para minimizar los riesgos con posibilidad de ocurrencia. En general, la gestión del riesgo operacional es esencial para garantizar la integridad y la sostenibilidad de las operaciones de una organización y para proteger la rentabilidad de su negocio [10].

### 3.5 Riesgos legales

Los riesgos legales son aquellos asociados con la posibilidad de incurrir en pérdidas financieras o daños a la reputación de la empresa como resultado de la violación de leyes, normas y regulaciones aplicables a su negocio. Esto incluye, por ejemplo, riesgos relacionados con litigios, sanciones y multas por incumplimiento

de regulaciones financieras, ambientales, laborales, fiscales, entre otras. Además, los riesgos legales también pueden estar relacionados con el incumplimiento de contratos, derechos de propiedad intelectual y disputas legales con clientes, proveedores y otras partes interesadas. En general, los riesgos legales pueden ser complejos y variados, y pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad y la reputación de la empresa. Es importante que las empresas identifiquen y gestionen adecuadamente los riesgos legales, implementando políticas y procedimientos robustos de cumplimiento normativo y asesorándose con especialistas legales para minimizar su exposición a este tipo de riesgos [11].

### 3.6 Riesgos reputacionales

Los riesgos legales se refieren a la posibilidad de que una empresa se enfrente a demandas legales, sanciones o multas debido a incumplimientos de leyes y regulaciones aplicables. Estos riesgos pueden ser el resultado de acciones o inacciones de la empresa o de terceros relacionados con ella, y pueden afectar a todas las áreas de la empresa, desde la gestión financiera hasta las operaciones cotidianas.

Los riesgos legales pueden impactar significativamente en los procesos y en las empresas. En primer lugar, pueden dar lugar a costosos litigios y multas, lo que puede afectar negativamente la rentabilidad y la imagen de la empresa. Además, pueden generar una pérdida de confianza por parte de los clientes y los inversores, lo que puede afectar a la reputación y al valor de la empresa en el mercado. También pueden provocar interrupciones en la operación de la empresa, ya que puede ser necesario dedicar recursos significativos para abordar y resolver el problema legal. Por lo tanto, es importante para las empresas gestionar adecuadamente los riesgos legales mediante la implementación de políticas y procedimientos adecuados de cumplimiento normativo, la formación de los empleados en materia legal y la supervisión constante de las actividades de la empresa. De esta manera, las empresas pueden evitar o mitigar los riesgos legales y proteger su reputación, rentabilidad y continuidad operativa [12].

Los riesgos son multifacéticos y no pueden ser vistos de forma aislada. Una actividad puede generar múltiples riesgos que están interrelacionados. Por ejemplo, un banco que otorga préstamos utilizando normas de evaluación deficientes puede incurrir en un riesgo crediticio significativo. Si estos préstamos se generan para su reventa, también pueden surgir riesgos de mercado, especialmente si son préstamos a tasa fija. Además, puede haber riesgo legal si la documentación de los préstamos es deficiente y un riesgo operativo si los sistemas informáticos utilizados para registrar dichos préstamos son inadecuados. Si se trata de un préstamo a largo plazo y a tasa fija financiado con pasivos a corto plazo, existe un riesgo de tasa de interés. Por lo tanto, una misma situación puede dar lugar a diversos riesgos interconectados que pueden afectar significativamente la gestión y el éxito de una empresa.

### 3.7 Evaluación de los riesgos

Las herramientas cualitativas desarrolladas para la toma de decisiones con riesgo son aquellas que se basan en la evaluación subjetiva de los especialistas o usuarios involucrados en el proceso de toma de decisiones. Estas herramientas permiten identificar, evaluar y clasificar los riesgos potenciales de un proceso o proyecto en función de su probabilidad de ocurrencia, impacto y severidad. A continuación, se presentan algunas de las herramientas cualitativas más relevantes en este contexto:

- **Análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Point System, por sus siglas en inglés):** Este es un enfoque sistemático utilizado en la industria alimentaria para identificar y controlar los riesgos asociados con la producción de alimentos. El HACCP se basa en siete principios clave y permite a las empresas establecer controles preventivos y monitorear la calidad de los alimentos en cada etapa del proceso de producción [13].
- **Análisis de modo y efecto de fallas (FMEA, Failure Mode and Effect Analysis, por sus siglas en inglés):** Esta herramienta se utiliza para identificar y evaluar los posibles modos de falla y sus efectos en un proceso o sistema. El FMEA se centra en la evaluación de la severidad, la probabilidad y la detección de los modos de falla, lo que permite a los usuarios priorizar y desarrollar planes de acción para mitigar los riesgos identificados [14].

- Analysis of criticality and impact factors CAFA: Esta herramienta se utiliza para evaluar la criticidad de los elementos de un sistema o proceso y los factores que pueden influir en su impacto. El CAFA permite a los usuarios clasificar los elementos en función de su importancia relativa y desarrollar planes de contingencia en caso de fallas o interrupciones en el proceso [15].
- Fault-tree analysis FTA: Esta herramienta se utiliza para evaluar la probabilidad y las consecuencias de los eventos o condiciones que pueden llevar a una falla en un proceso o sistema. El FTA se basa en la creación de un diagrama de árbol que representa las relaciones entre los eventos y las condiciones que pueden llevar a la falla [16].

### 3.8 Tratamiento de los riesgos

El tratamiento de los riesgos es un proceso crítico en la gestión de riesgos y es importante que se realice de acuerdo a las normativas de riesgo vigentes. Las normativas de riesgo proporcionan una guía para el tratamiento adecuado de los riesgos en una organización y ayudan a garantizar que se adopten prácticas de gestión de riesgos efectivas y consistentes [17].

A continuación, se describen los principales pasos que se siguen en el tratamiento de los riesgos de acuerdo a las normativas de riesgo:

- Identificación del riesgo: El primer paso en el tratamiento de los riesgos es identificarlos. Este proceso implica la identificación de todos los riesgos relevantes para la organización y la evaluación de su probabilidad e impacto.
- Evaluación del riesgo: Una vez que se han identificado los riesgos, es necesario evaluar su gravedad y su impacto potencial en la organización. Esto permitirá clasificar los riesgos según su nivel de importancia y prioridad.
- Selección de estrategias de tratamiento de riesgos: En este paso se determinan las estrategias específicas que se utilizarán para tratar los riesgos identificados. Las estrategias pueden incluir medidas de mitigación, transferencia, aceptación o eliminación del riesgo.
- Implementación de estrategias de tratamiento de riesgos: Una vez que se han seleccionado las estrategias adecuadas, se implementan en la organización para reducir el impacto de los riesgos identificados. Esto puede incluir la implementación de controles y medidas de mitigación de riesgos, la transferencia de riesgos a terceros o la eliminación de riesgos a través de cambios en los procesos o procedimientos.
- Monitoreo y revisión continua: El último paso en el tratamiento de los riesgos es el monitoreo y la revisión continua del impacto de las estrategias de tratamiento de riesgos implementadas. Es importante evaluar periódicamente la efectividad de las medidas de mitigación de riesgos y ajustarlas según sea necesario.

En definitiva, el tratamiento de los riesgos es un proceso importante en la gestión de riesgos y debe realizarse de acuerdo a las normativas de riesgo establecidas. Al seguir los pasos mencionados anteriormente, las organizaciones pueden garantizar una gestión efectiva y consistente de los riesgos y reducir el impacto negativo de los mismos en sus operaciones, la Figura 2 se muestra una representación de la manera como se tratan los riesgos [18].

### 3.9 Herramientas de gestión

Herramientas como el HACCP, el FMEA, el CAFA y el FTA, se aplican en las empresas colombianas para la gestión de riesgos en diversos sectores, como el de la construcción, el de la industria alimentaria, el de la energía, entre otros [19]. Por ejemplo, en el sector de la construcción, se han utilizado herramientas como el FMEA y el CAFA para evaluar los riesgos asociados a la ejecución de proyectos, identificar los factores críticos de éxito y desarrollar planes de contingencia para mitigar los riesgos identificados [19, 20].

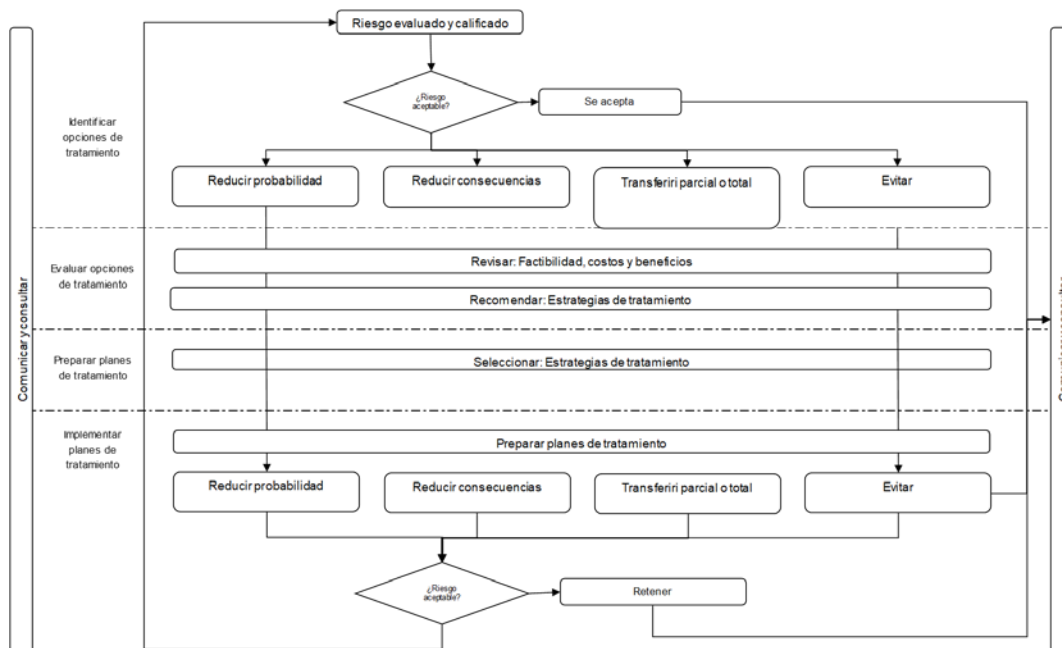


Figura 2. Etapas de gestión del riesgo

En el sector de la industria alimentaria, el HACCP se ha convertido en una herramienta fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, ya que permite identificar y controlar los riesgos asociados a la producción y distribución de alimentos. En el sector energético, se ha utilizado el FTA para evaluar los riesgos asociados con las interrupciones en el suministro de energía y desarrollar planes de contingencia para garantizar la continuidad del servicio.

En general, estas herramientas cualitativas se aplican en las empresas colombianas como parte de una estrategia integral de gestión de riesgos, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones y minimizar los impactos negativos de los eventos de riesgo en los procesos de negocio. Además, su aplicación permite a las empresas cumplir con las normativas y regulaciones vigentes en el país en materia de seguridad y calidad.

### 3.9.1 Herramientas para gestionar los riesgos con Business Process Management

El Business Process Management BPM es un conjunto de herramientas, técnicas y metodologías que se utilizan para mejorar la eficiencia de los procesos empresariales. Estas herramientas también pueden ser aplicadas para gestionar los riesgos en los procesos de la empresa, con el fin de minimizar las pérdidas y maximizar la rentabilidad [21]. Entre las herramientas más utilizadas en la gestión de riesgos con BPM, se encuentran:

- **Análisis de procesos:** Es una técnica que se utiliza para analizar los procesos de la empresa, identificar las actividades críticas y los puntos de riesgo, y evaluar la eficiencia y la eficacia de los procesos.
- **Modelado de procesos:** Es una técnica que se utiliza para crear un modelo visual de los procesos de la empresa, con el fin de identificar los puntos de riesgo y las áreas que requieren mejoras.
- **Automatización de procesos:** Es una técnica que se utiliza para automatizar los procesos de la empresa, con el fin de reducir los errores y minimizar los riesgos.
- **Seguimiento y control de procesos:** Es una técnica que se utiliza para monitorizar los procesos de la empresa, con el fin de identificar los puntos de riesgo y tomar medidas preventivas.
- **Gestión de cambios:** Es una técnica que se utiliza para gestionar los cambios en los procesos de la empresa, con el fin de minimizar los riesgos y maximizar la eficacia.

En resumen, la aplicación de BPM en la gestión de riesgos permite a las empresas identificar los puntos críticos de los procesos, analizar los riesgos asociados y tomar medidas para minimizar las pérdidas y maximizar la rentabilidad.

Existen varias herramientas tecnológicas que pueden ayudar en la gestión de riesgos con Business Process Management, algunas de ellas son [22]:

- **Sistemas de gestión de riesgos:** Estos sistemas pueden ayudar a identificar, evaluar y gestionar los riesgos de los procesos de la empresa. Permiten la captura de datos y la realización de análisis de riesgos en tiempo real, así como la implementación de medidas para reducir los riesgos.
- **Automatización de procesos:** La automatización de los procesos de la empresa puede ayudar a minimizar los riesgos asociados con los errores humanos. Al automatizar ciertas tareas, se reducen las posibilidades de que ocurran errores y se mejora la eficiencia de los procesos.
- **Analítica avanzada:** Las herramientas de análisis avanzado pueden ayudar a identificar patrones y tendencias en los datos relacionados con los procesos de la empresa, lo que permite a los equipos de gestión de riesgos tomar decisiones más informadas. La analítica avanzada también puede ayudar a identificar áreas de riesgo potencial y a priorizar las medidas para mitigar esos riesgos.
- **Modelado de procesos:** El modelado de procesos es una técnica que permite visualizar los procesos de la empresa y analizar cómo se relacionan entre sí. Esta herramienta puede ayudar a identificar puntos débiles en los procesos y a tomar medidas para fortalecerlos.
- **Herramientas de colaboración:** Las herramientas de colaboración, como los sistemas de gestión de proyectos y los sistemas de comunicación en tiempo real, pueden ayudar a los equipos de gestión de riesgos a trabajar juntos de manera más efectiva y a coordinar sus esfuerzos para minimizar los riesgos asociados con los procesos de la empresa.

### 3.9.2 Herramientas actuales para el modelo de procesos

En el mundo empresarial actual, la modelización de procesos y riesgos se ha convertido en una herramienta clave para garantizar la eficiencia y la seguridad en las operaciones de una empresa. Para ayudar a las organizaciones en esta tarea, han surgido diversas aplicaciones y herramientas que permiten modelar los procesos y los riesgos asociados a ellos de manera efectiva y eficiente [23].

- Una de estas aplicaciones es la plataforma ARIS Risk & Compliance Designer. Esta aplicación permite a las empresas modelar sus procesos de negocio y los riesgos asociados a ellos, y también ofrece herramientas para diseñar controles y mitigaciones de riesgos. Con ARIS Risk & Compliance Designer, los líderes empresariales pueden evaluar el impacto de los riesgos en sus operaciones y tomar decisiones informadas para mitigarlos.
- Otra herramienta útil es la aplicación iGrafx Process. iGrafx Process es una plataforma de modelado de procesos que también incluye herramientas para la identificación y gestión de riesgos. Con esta aplicación, las empresas pueden crear modelos de sus procesos de negocio y evaluar los riesgos asociados a ellos. iGrafx Process también permite a los líderes empresariales diseñar y gestionar controles y medidas de mitigación de riesgos.
- Por último, la herramienta Bizagi Modeler es otra opción popular para modelar procesos y riesgos. Esta aplicación ofrece una interfaz intuitiva y fácil de usar que permite a los usuarios crear modelos de procesos de negocio y evaluar los riesgos asociados. Además, Bizagi Modeler ofrece herramientas para diseñar y automatizar flujos de trabajo, lo que puede aumentar la eficiencia y la productividad en una organización.

Las aplicaciones y herramientas de modelización de procesos y riesgos pueden ayudar a las empresas a identificar y gestionar los riesgos en sus operaciones y tomar decisiones informadas para mitigarlos. Con la tecnología adecuada, los líderes empresariales pueden garantizar la eficiencia y la seguridad en sus procesos de negocio, lo que puede mejorar la competitividad y el éxito a largo plazo de una organización.

#### 4. CONCLUSIONES

La toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo es una tarea crítica en cualquier organización. Las empresas colombianas no son la excepción y se enfrentan a diversos desafíos para gestionar adecuadamente los riesgos y lograr sus objetivos y metas. En este sentido, las herramientas desarrolladas para la toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo son fundamentales para lograr una gestión efectiva y consistente de los riesgos en las empresas colombianas. A continuación, se presentan las principales conclusiones de este análisis:

- Las herramientas de gestión de riesgos son esenciales para la toma de decisiones en procesos de negocio con eventos de riesgo. Estas herramientas permiten identificar, evaluar y tratar los riesgos de manera efectiva, lo que ayuda a reducir el impacto negativo de los mismos en la organización.
- Las empresas colombianas enfrentan una amplia gama de riesgos en sus operaciones diarias, incluyendo riesgos financieros, operativos, legales y reputacionales. La falta de gestión adecuada de estos riesgos puede llevar a pérdidas significativas para la organización.
- Las herramientas de gestión de riesgos más comunes utilizadas por las empresas colombianas incluyen análisis de riesgos, análisis de impacto empresarial, evaluación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, entre otras. Estas herramientas permiten a las empresas evaluar los riesgos y tomar decisiones informadas sobre cómo tratarlos.
- La gestión de riesgos también implica la participación activa de los líderes y empleados de la organización. Los líderes de la empresa deben liderar el proceso de gestión de riesgos y fomentar una cultura de gestión de riesgos en toda la organización. Los empleados deben estar capacitados y conscientes de los riesgos para poder actuar de manera efectiva en caso de emergencias.
- Las herramientas de gestión de riesgos también deben ser flexibles y adaptarse a los cambios en el entorno empresarial. Las empresas colombianas deben estar dispuestas a ajustar su enfoque de gestión de riesgos según sea necesario para garantizar que estén protegiendo adecuadamente su negocio y logrando sus objetivos y metas.

La gestión de riesgos es un proceso fundamental para cualquier empresa colombiana que busque lograr sus objetivos y metas de manera efectiva. Las herramientas de gestión de riesgos son esenciales para tomar decisiones informadas y reducir el impacto negativo de los riesgos en la organización. Sin embargo, la gestión de riesgos también implica la participación activa de los líderes y empleados de la organización, así como la flexibilidad para adaptarse a los cambios en el entorno empresarial. Al utilizar herramientas de gestión de riesgos adecuadas y fomentar una cultura de gestión de riesgos en toda la organización, las empresas colombianas pueden lograr una gestión efectiva y consistente de los riesgos y asegurar el éxito a largo plazo de su negocio.

## REFERENCIAS

- [1] Siak J. y Arifin A. (2019). A review of qualitative risk analysis methods for decision making in construction projects. En IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. Macao, China.
- [2] Bicheva P. y Valchev E. (2023). Methodology for implementation of intelligent risk management in the business processes of organizations. *Lecture Notes in Networks and Systems* 578.
- [3] Bierens R. y Shahim A. (2022). ¿Are we ready to manage digital risks today and tomorrow? *Journal of Information Systems Security* 18(2), 83–123.
- [4] ISO. (2018). ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines. International Organization for Standardization.
- [5] Mulyana I. et al. (2022). Submission template for ACM papers prioritize business process improvement plan using house of quality and modified house of risk: A case study of higher education institution (HEI) from Indonesia. En ACM International Conference Series.
- [6] Freichel S. et al. (2022). Cargo accumulation risks in maritime supply chains: A new perspective towards risk management for theory, and recommendations for the insurance industry and cargo shippers. *Logistics Research* 15(1).
- [7] Žigienė G. et al. (2022). Setting the grounds for the transition from business analytics to artificial intelligence in solving supply chain risk. *Sustainability* 14(19).
- [8] Fomchenkova L. et al. (2022). Direct fuzzy evaluation of financial risk “chains” of an organisation. *Finance* 26(4), 139–156.
- [9] Hendayani R. et al. (2021). Analysis of the House of Risk (HOR) model for risk mitigation of the supply chain management process (Case Study: KPBS Pangalengan Bandung, Indonesia). En 9th International Conference on Information and Communication Technology.
- [10] Chou J. y Chiu Y. (2021). Identifying critical risk factors and responses of river dredging projects for knowledge management within organisation. *Journal of Flood Risk Management* 14(1).
- [11] Lyukevich I. et al. (2020). Digital experience: How to find a tool for evaluating business economic risk. *International Journal of Technology* 11(6), 1244–1254.
- [12] Padash A. y Ghatari A. R. (2020). Toward an Innovative green strategic formulation methodology: Empowerment of corporate social, health, safety and environment. *Journal of Cleaner Production* 261.
- [13] Díaz A. et al. (2019). A fuzzy-based holistic approach for supply chain risk assessment and aggregation considering risk interdependencies. *Applied Sciences* 9(24).
- [14] Boonyanusith W. y Jittamai P. (2019). Blood supply chain risk management using house of risk model. *Walailak Journal of Science and Technology* 16(8), 573–591.
- [15] Wu J. y Hua Y. (2018). Key risk factors of financial holding companies in Taiwan: An integrated approach of dematel-based anp and risk management balanced scorecard. *NTU Management Review* 28(2), 205–242.
- [16] Profita A. et al. (2018). Integrated supply chain risk management in ready mix batching plant. En International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
- [17] Pinedo M. y Xu Y. (2017). Operations in financial services: Processes, technologies, and risks. *Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management* 11(3), 223–342.
- [18] Bañuls V. et al. (2016). Validating cross-impact analysis in project risk management. En International ISCRAM Conference.
- [19] Uzcategui M. et al. (2015). Design of resilient production facilities through innovation and risk management. En Latin American and Caribbean Health, Safety, Environment, and Sustainability Conference.
- [20] Doe J. y Smith J. (2022). Application of risk management tools in colombian companies: A case study in the construction, food industry, and energy sector. *International Journal of Risk Management* 10(3), 45-60.
- [21] Sachdeva A. et al. (2012). SCRIS: A knowledge-based system tool for assisting manufacturing organizations in identifying supply chain risks. *Journal of Manufacturing Technology Management* 23(7), 834–852.
- [22] Saker B. y Chaib R. (2022). Effective and sustainable management of risk disrupting the supply chain activities: The case of the ETRAG Company. *International Journal of Performability Engineering* 18(11), 770–780.
- [23] Widiasih W. et al. (2015). Development of integrated model for managing risk in lean manufacturing implementation: A case study in an indonesian manufacturing company. *Procedia Manufacturing* 4, 282–290.

# Análisis energético y ambiental de la implementación del Ciclo Orgánico Rankine ORC en la recuperación del calor residual de motores de combustión interna

Ana Lisbeth Galindo Noguera<sup>1</sup>

Jesús Eduardo Sánchez Daza<sup>2</sup>

Luis Sebastián Mendoza Castellanos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Unidades Tecnológicas de Santander*

<sup>2,3</sup> *Universidad Autónoma de Bucaramanga*  
Colombia

En este capítulo se presenta un análisis del potencial energético y ambiental asociado a la implementación del Ciclo Orgánico Rankine ORC en la recuperación del calor residual proveniente de motores de combustión interna. A través de un modelo matemático desarrollado en el lenguaje Python, se examinan los balances de energía de los componentes del ORC, para determinar la viabilidad técnica de su integración en el sistema de generación de energía. Además, se realiza un análisis de la emisión de gases de efecto invernadero del motor de combustión interna y las emisiones evitadas por la incorporación del ciclo ORC. Los resultados obtenidos evidencian un aumento en la eficiencia de 3,22% y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero del 10,11%.

---

<sup>1</sup> Doctora en Ingeniería Mecánica. Contacto: [algalindo@correo.uts.edu.co](mailto:algalindo@correo.uts.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero en Energía. Contacto: [jsanchez759@unab.edu.co](mailto:jsanchez759@unab.edu.co)

<sup>3</sup> Doctor en ingeniería Mecánica. Contacto: [lmendoza630@unab.edu.co](mailto:lmendoza630@unab.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna desempeñan un papel fundamental en el transporte, la industria y la generación de energía. En estos motores solo un 30% a 40% de energía del combustible es convertida en trabajo útil, el resto de la energía se disipa al medio ambiente en forma de calor residual a través del sistema de escape. En el contexto actual de creciente conciencia ambiental y búsqueda de soluciones sostenibles, surge la necesidad de mejorar la eficiencia energética de estos motores, con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con su funcionamiento.

La energía térmica liberada por los gases de escape del motor de combustión interna que son disipados al ambiente puede tener temperatura media o baja. Parte de esta energía térmica puede ser convertida en energía eléctrica a través de sistemas térmicos complementarios de potencia de vapor. En este sentido, los ciclos orgánicos de Rankine ORC son una buena opción, ya que se adaptan bien a fuentes térmicas de media y baja temperatura.

Valencia et al. [1] realizaron un análisis de recuperación de calor con motores a gas natural, para tres configuraciones: sistema ORC simple SORC, ORC con recuperación RORC, y ORC con doble presión DORC. Cuando se varía la carga, los parámetros analizados fueron: el efecto de la presión de evaporación sobre la producción neta de energía, el aumento de la eficiencia térmica absoluta, la disminución del consumo específico absoluto de combustible, la eficiencia de conversión de energía global y la destrucción de la exergía de los componentes. El tolueno como fluido de trabajo alcanzó una potencia neta de 146,25 kW a 3,4 MPa, una eficiencia de conversión del 11,58 %, una eficiencia térmica ORC del 28,4 % y una reducción del consumo de combustible del 7,67 % para una velocidad del motor de 1482 rpm.

Ochoa et al. [2] realizaron una evaluación energética, económica y análisis del ciclo de vida del sistema ORC, para un sistema de recuperación de calor de un motor de combustión interna de gas natural de 2 MW. Donde se determinó que la presión de evaporación, tienen mayor influencia en la destrucción de exergía y los fluidos que alcanzaron altas eficiencias fueron el ciclohexano (44,02 %), el tolueno (46,53 %) y la acetona (59,27 %). Ping et al. [14] realizaron pruebas experimentales del sistema ORC para la recuperación de calor residual de un motor diésel para determinar la relación entre los parámetros de potencia de salida y funcionamiento del expansor. Los resultados mostraron desviaciones entre la predicción y la optimización del 1,47%, alcanzando valores de potencia máxima de salida del expansor de hasta 10,1 kW.

El interés por la recuperación de calor residual ha llevado al análisis de motores marinos, León et al. [3] analizaron la recuperación del calor residual utilizando un ORC para un motor diésel marino de dos tiempos de baja velocidad. El análisis se realizó para 100%, 75% y 50% de plena carga e implementando el R1233zd como la mejor opción para fuentes de calor de baja temperatura. Finalmente, los resultados mostraron ahorros financieros anuales del 5% operando con sistemas ORC. Jacaread et al. [4] evaluaron termodinámicamente un sistema de cogeneración alimentado por un motor diésel marino asistido por vapor y un Ciclo Orgánico Rankine. Implementaron algoritmos de optimización, que permitieron calcular las eficiencias energéticas 82,82% y exergética 54,10%, siendo 2,18 y 1,54 veces superiores al caso base.

Mat Nawi et al. [5] estudiaron el potencial en la recuperación del calor residual de los gases de escape de los motores diésel fabricados por Hudong Heavy Machinery Co., Ltd., usando bioetanol a partir de tres especies de microalgas. El sistema ORC alcanzó una potencia neta máxima de 2,45 kW y eficiencias térmicas de 1,10% y 0,51% para caudales másicos de gases de escape de 4189 kg/h y 7139 kg/h.

Por otra parte, existe un interés en el sector de transporte terrestre, tal como lo evidencian Mariani et al. [6], que realizaron un caso de estudio para recuperar calor residual para un motor de combustión interna de gas natural con aplicación en transporte público. El análisis consistió en medir el caudal másico y la temperatura de los gases de escape, para cuantificar la potencia térmica a recuperar en la planta ORC. Los resultados mostraron que el rendimiento del ORC se calculó considerando el n-pentano como fluido de trabajo, donde el consumo de combustible se redujo en un 3,7 % de 271,5 g/km a 261,4 g/km durante el ciclo de conducción. También concluyeron que la potencia suministrada por el ORC aumenta con la carga y la velocidad del motor, debido al alto flujo másico de los gases y su temperatura de escape.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el presente trabajo de grado está enmarcado en la proposición de un modelo matemático de ciclo ORC, que aproveche el calor residual de los motores de combustión interna. El modelo programado en el lenguaje Python, determinará los balances termodinámicos de los equipos involucrados en el ciclo ORC para analizar la viabilidad de la implementación del ciclo; por último, realiza un análisis de impacto ambiental a partir de las emisiones actuales del motor y las emisiones evitadas por la implementación del ciclo.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Motor de combustión interna

Para este estudio se utilizó los datos un sistema de generación de energía eléctrica compuesto por un motor Diésel Mercedes Benz, un alternador sin escobillas Negrini, un panel de control eléctrico y un tablero de medición de temperatura y flujo de combustible ubicados en un laboratorio del Instituto de Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Itajubá, Brasil. Los datos de operación obtenidos corresponden a un ensayo de operación realizados en el laboratorio y no a datos de operación a carga nominal del motor. En la Tabla 1 presenta los datos de operación del motor Diésel utilizado.

**Tabla 1.** Datos de operación del motor

Parámetro	Valor	Unidad
Potencia	32	kW
Temperatura ambiente	24	°C
Temperatura de los gases de escape	390	°C
Diferencia de presión	298	mm H <sub>2</sub> O
Tiempo del flujo	24	seg
Volumen del combustible	75	ml
Presión atmosférica	101630 Pa	mmHg

A partir del balance de masa en el motor diésel, se obtiene el flujo másico de los gases de escape con la ecuación (1).

$$\dot{m}_g = \dot{m}_{ar} + \dot{m}_{comb} \quad (1)$$

Considerando que  $\dot{m}_g$  es el flujo másico de los gases de escape en kg/s,  $\dot{m}_{ar}$  es el flujo másico del aire de combustión en kg/s y  $\dot{m}_{fuel}$  es el flujo másico del combustible en kg/s. El flujo másico del aire está dado por la ecuación (2).

$$\dot{m}_{ar} = \frac{\pi d^2}{4} C \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{\text{agua}} \cdot g \cdot \Delta h_{\text{agua}}}{\rho_{ar}}} \quad (2)$$

Donde: d representa el diámetro del orificio de entrada de aire, con un valor de 45 mm; C corresponde a la constante del orificio, siendo igual a 0.59; g denota la aceleración debida a la gravedad, expresada en m/s<sup>2</sup>;  $\Delta h_{\text{agua}}$  representa la variación de presión en mm H<sub>2</sub>O; y  $\rho_{ar}$  indica la densidad del aire en kg/m<sup>3</sup>. El flujo másico del combustible está dado por ecuación (3).

$$\dot{m}_{comb} = \rho \frac{V}{\Delta t} \quad (3)$$

Donde:  $\rho$  representa la densidad del combustible, con un valor de 833 kg/m<sup>3</sup>; V corresponde al volumen de combustible en m<sup>3</sup>; y  $\Delta t$  es el tiempo de flujo en segundos. Con el propósito de calcular el potencial energético de los gases de escape del motor, se procede a determinar el calor específico a temperatura constante de los productos de combustión mediante la ecuación (4).

$$Cp_{gases,T} = Cp_{aire,T} + \frac{\dot{m}_{comb}}{\dot{m}_{comb} + \dot{m}_{ar}} * \theta_{Cp,T} \quad (4)$$

Donde:  $\theta_{Cp,T}$  es una función polinomial dado por la ecuación (5).

$$\theta_{Cp,T} = Cp_0 + Cp_1 * T + Cp_2 * T^2 + Cp_3 * T^3 + Cp_4 * T^4 + Cp_5 * T^5 \quad (5)$$

En la Tabla 2 se presentan los coeficientes correspondientes en un intervalo de temperatura que abarca desde 200 hasta 800 K.

**Tabla 2.** Coeficientes para el calor específico de los gases de escape función de la temperatura

CP0 = -3,5949415 E+02
CP1 = +4,5163996 E+00
CP2 = +2,8116360 E-03
CP3 = -2,1708731 E-05
CP4 = +2.8688783 E-08
CP5 = -1.2226336 E-11

El calor específico del aire seco en función de la temperatura (K) está dado por la ecuación (6).

$$Cp_{aire,T} = C_0 + C_1 * T + C_2 * T^2 + C_3 * T^3 + C_4 * T^4 \quad (6)$$

La Tabla 3 presenta los coeficientes para el aire correspondientes en un intervalo de temperatura que abarca desde 200 hasta 800 K.

**Tabla 3.** Coeficientes para el calor específico del aire seco en función de la temperatura

C0 = +1,0189134 E+03
C1 = -1,3783636 E-01
C2 = +1,9843397 E-04
C3 = +4,2399242 E-07
C4 = -3.7632489 E-10

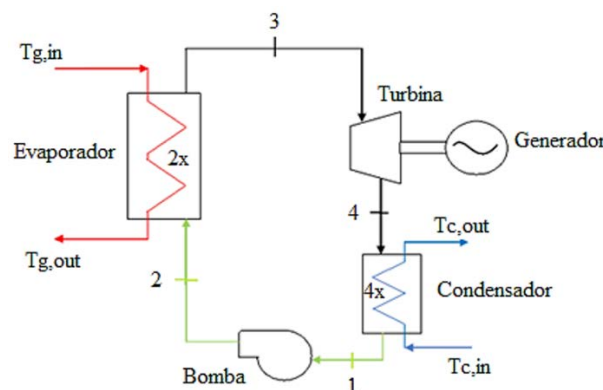
Para evaluar la viabilidad de incorporar el ciclo ORC a este sistema de generación de energía, es necesario calcular la eficiencia de este sistema, la cual se determina por medio de la ecuación (7).

$$\eta_{motor} = \frac{Potencia_{motor}}{PCI * m_{comb}} \quad (7)$$

Donde el PCI corresponde al poder calorífico inferior del combustible, que en este caso el combustible utilizado es Diésel, con un valor aproximado de 42886,8 kJ/kg.

## 2.2 Ciclo Orgánico Rankine

El ORC básico está conformado por cuatro componentes: bomba, turbina, evaporador y condensador (Figura 1). El fluido de trabajo ingresa al evaporador (2), donde se evapora a una presión y temperatura dada para posteriormente ser expandido en la turbina (3) y su energía se transforma en trabajo. El vapor a baja presión ingresa al condensador (4) para retornar a la condición líquida y ser bombeado (1) de vuelta al evaporador.



**Figura 1** Diagrama esquemático del ciclo Orgánico Rankine

Al desarrollar el modelo del ciclo, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el modelo se emplearon fluidos de trabajo secos e isentrópicos para garantizar que a la salida de la turbina el fluido se encuentre en un estado de vapor.
- Se asume que los componentes son adiabáticos para despreciar las pérdidas de calor.
- Se desprecian las caídas de presión en el interior de los dispositivos, y se considera que el sistema opera en estado estable.
- El tipo de ciclo será subcrítico, debido a que con este se obtienen los costos más económicos [7].

Para el análisis termodinámico del ciclo ORC y dar inicio al proceso de modelado, se establecen las siguientes condiciones de diseño:

- Se estimó que la temperatura de condensación del fluido de trabajo sería de 40°C. Esta elección se basa en la consideración de que, según Fontalvo et al. [8], es una temperatura razonable para la mayoría de los fluidos orgánicos.
- De acuerdo con el modelo matemático propuesto por Heberle [9], se adoptó una eficiencia isoentrópica del 65% para la bomba y del 80% para la turbina. Asimismo, se determinó que la eficiencia del generador sería del 95%.
- Para llevar a cabo el análisis energético en el evaporador y el condensador, se consideró una diferencia mínima de temperatura de 30°C y 50°C respectivamente [10].
- Dado que se optó por una configuración subcrítica en el modelado de este ciclo, se empleará el 90% de la presión crítica como la presión de salida de la bomba.

A partir de estas consideraciones, se aplica la primera ley de la termodinámica en cada uno de los componentes del ciclo. El primer análisis se lleva a cabo en el evaporador, con el propósito de determinar el flujo másico del fluido de trabajo necesario, ecuación (8).

$$\dot{m}_f = \frac{m_g \cdot C_{pg} \cdot (T_{ge} - T_{gpp})}{h_3 - h_{2x}} \quad (8)$$

Donde:  $m_f$  es el fluido masico del fluido orgánico de trabajo en kg/s,  $h_{2x}$  y  $h_3$  son las entalpias a la entrada y salida de la etapa de evaporación en kJ/kg, respectivamente,  $C_{pg}$  es el calor específico de los gases de escape en kJ/kgK,  $m_g$  es el flujo masico de los gases de escape em kg/s,  $T_{g3}$  y  $T_{g2x}$  son las temperaturas de los gases de escape a la entrada y salida de la etapa de evaporización respectivamente. La temperatura de los gases de escape en el pinch poin del intercambiador está dada por la ecuación (9).

$$T_{gpp} = T_{2x} + \Delta T_{\min pp} \quad (9)$$

Donde  $T_{gpp}$  es la temperatura de los gases de escape en el punto pinch del evaporador (°C);  $T_{2x}$  es la temperatura del fluido de trabajo en el punto pinch del evaporador (°C) y  $\Delta T_{\min pp}$  es la mínima diferencia de de temperatura entre los gases de escape y el fluido de trabajo en el punto pinch del evaporador (°C). El calor utilizado en la etapa de evaporización está dado por la ecuación (10).

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m}_f \cdot (h_3 - h_{2x}) \quad (10)$$

El calor utilizado en la etapa de precalentamiento está dado por la ecuación (11).

$$\dot{Q}_{precal} = \dot{m}_f \cdot (h_{2x} - h_2) \quad (11)$$

Por consiguiente, la cantidad total de calor transferida por los gases de escape mediante el evaporador se establece con la ecuación (12).

$$\dot{Q}_{evaporador} = \dot{Q}_{precal} + \dot{Q}_{evap} \quad (12)$$

El trabajo necesario para el funcionamiento de la bomba está dado por la ecuación (13).

$$\dot{W}_{bomba} = \dot{m}_f * (h_2 - h_1) \quad (13)$$

El trabajo desarrollado por la turbina está dado por la ecuación (14).

$$\dot{W}_{turbina} = \dot{m}_f * (h_3 - h_4) \quad (14)$$

El trabajo neto desarrollado por el Ciclo Orgánico Rankine está dado por ecuación (15).

$$\dot{W}_{neto} = \dot{W}_{turbina} - \dot{W}_{bomba} \quad (15)$$

La eficiencia térmica del Ciclo Orgánico Rankine puede ser calculada con la ecuación (16).

$$\eta_{termica} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_2} \quad (16)$$

La eficiencia general del sistema Diésel-ORC viene dada por la ecuación (17).

$$\eta_{overall} = \frac{W_{Diesel} + W_{net}}{m_{fuel} * LHV} \quad (17)$$

Donde  $W_{Diesel}$  es la potencia generada por la planta a Diésel,  $W_{net}$  es la potencia generada por el ORC,  $m_{fuel}$  es el flujo masico del combustible y  $LHV$  es el poder calorífico inferior del combustible.

### 2.3 Selección del fluido de trabajo

La elección del fluido de trabajo en un ciclo ORC se destaca como un paso crítico al evaluar tanto aspectos económicos como técnicos. Esto se debe a que sus propiedades termodinámicas tienen un impacto significativo en la eficiencia global del ciclo, su producción de energía neta y su coste. Además de estas consideraciones, factores como las condiciones operativas, el impacto medioambiental, la seguridad y otros aspectos también juegan un papel crucial en esta selección [11]. En este trabajo, se seleccionaron cinco fluidos basándose en [11-13]. Para la elección del fluido apropiado es necesario tomar en cuenta algunos criterios:

- Potencial de Calentamiento Global GWP: Debe ser bajo.
- Potencial de Destrucción de Ozono ODP: Debe acercarse a cero.
- Clasificación de Seguridad (según la norma ASHRAE 34): El fluido no debe pertenecer a la categoría B3 (alta toxicidad e inflamabilidad). Clasificación del grupo de seguridad de refrigerantes: 1. Sin propagación de llama; 2. menor inflamabilidad; 3. mayor inflamabilidad; A. menor toxicidad; y B. mayor toxicidad.

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 4 se presentan los fluidos seleccionados con sus principales características.

**Tabla 4.** Fluidos seleccionados para la recuperación del calor residual de los gases de escape del motor.

Fluido	Clasificación	Temperatura crítica [°C]	Presión crítica [KPA]	GWP (100)	ODP	ASHRAE 34
R123	Seco	183,68	3668	93	0,02	A1
R141b	Seco	204,2	4250	725	0,12	A2
R134a	Isoentrópico	101,06	4059	1300	0	A1
Isopentano	Seco	187,78	3378	4	0	A3
Tolueno	Seco	319	4126	3	0	A3

### 2.4 Análisis ambiental del sistema

El estudio ambiental del sistema Motor-ORC se fundamenta en el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la combustión de diésel, así como en las emisiones evitadas por la implementación del ciclo ORC. La cuantificación de estas emisiones se realiza conforme a los factores de

emisión definidos en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa en Colombia [14]. Los factores de emisión específicos para el diésel comercial se detallan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Factores de emisión para el combustible Diésel comercial [67]

Combustible	Factor de emisión del CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /gal]	Factor de emisión del CH <sub>4</sub> [gCH <sub>4</sub> /gal]	Factor de emisión del N <sub>2</sub> O [gN <sub>2</sub> O/gal]
Diésel B10 Comercial	10,2765	0,0096	0,0058

Las emisiones de gases de efecto invernadero del motor Diésel se calculan con la ecuación (18).

$$ECO_{2equiva}^{motor} = FCO_2 + (FCH_4 * 25) + (FN_2O * 298) \quad (18)$$

Donde  $F_{CO_2}$  es el factor de emisión del CO<sub>2</sub>,  $F_{CH_4}$  es el factor de emisión del CH<sub>4</sub> y  $F_{N_2O}$  es el Factor de emisión del N<sub>2</sub>O.

Las emisiones unitarias del motor Diésel se calculan con la ecuación (19).

$$ECO_{2equiva}^{unitarias}_{motor} = \frac{ECO_{2equiva}^{motor}}{Potencia\ nominal_{motor} * OP_{ORC}} \quad (19)$$

La ecuación (20) se calculan las emisiones unitarias del sistema motor Diésel – ORC.

$$ECO_{2equiva}^{unitarias}_{sistema} = \frac{ECO_{2equiva}^{motor}}{(W_{neto} + Potencia\ nominal_{motor}) * OP_{ORC}} \quad (20)$$

Las emisiones evitadas se calculan con la ecuación (21).

$$ECO_{2equiva}^{evitadas} = ECO_{2equiva}^{unitarias}_{motor} - ECO_{2equiva}^{unitarias}_{sistema} \quad (21)$$

El porcentaje de emisiones dejadas de emitir se calculan con la ecuación (22).

$$\%ECO_{2equiva}^{evitadas} = \frac{(ECO_{2equiva}^{unitarias}_{motor} - ECO_{2equiva}^{unitarias}_{sistema})}{ECO_{2equiva}^{unitarias}_{motor}} * 100 \quad (22)$$

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Motor de combustión interna

Utilizando los datos de operación del motor diésel, se obtienen los parámetros requeridos para la recuperación de calor residual de los gases de escape. La Tabla 6 presenta los principales parámetros asociados al motor diésel.

**Tabla 6.** Caracterización del motor Diésel utilizado y de sus gases de escape.

Característica	Valor
Flujo másico de los gases de escape [kg/s]	0,0629
Temperatura de los gases de escape [°C]	390
Capacidad calorífica de los gases de escape [kJ/kg-K]	1,049
Potencia eléctrica de salida [kW]	32
Eficiencia eléctrica del sistema [%]	28
Producción de energía eléctrica anual [MWh/año]	240
Consumo específico de combustible [L/kWh-año]	3,125E-07
Emisiones del motor [tCO <sub>2</sub> equi/año]	229,12

#### 3.2 Ciclo Orgánico Rankine ORC

Este análisis se realizó con la ayuda del lenguaje Python y la base de datos libre CoolProp [15], para obtener las propiedades termodinámicas de los fluidos seleccionados. Para la simulación de la planta se establece

un tiempo de operación para el ORC igual 8000 h. En la Figura 2 se muestra el trabajo neto y la eficiencia térmica del ciclo ORC para los fluidos seleccionados. De la figura se puede observar que el Tolueno produjo una potencia neta de 3,9 kW y presenta una eficiencia térmica de 21,8 %, lo que lo convierte en el fluido más idóneo para aprovechar los gases de escape del motor de combustión interna.

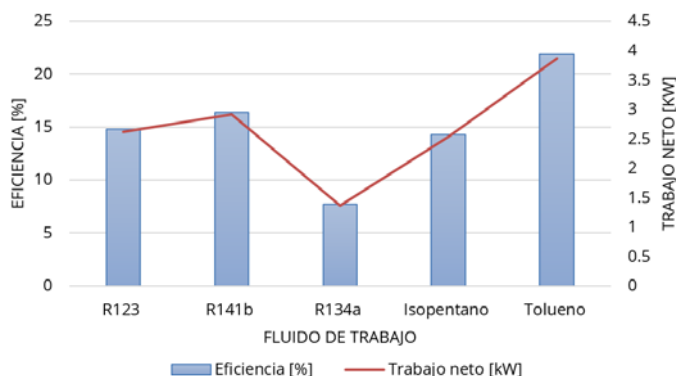


Figura 2. Trabajo neto y eficiencia térmica del ciclo para los diferentes fluidos

### 3.3 Sistema Motor-ORC

La Figura 3 representa la energía generada y la eficiencia global del sistema Motor-ORC. Es evidente a partir de la figura que el sistema que emplea tolueno como fluido de trabajo genera una mayor cantidad de energía eléctrica y exhibe una eficiencia global superior. Se logra un incremento en la eficiencia del motor de combustión interna del orden de aproximadamente un 3.5% debido a la implementación del Ciclo ORC.

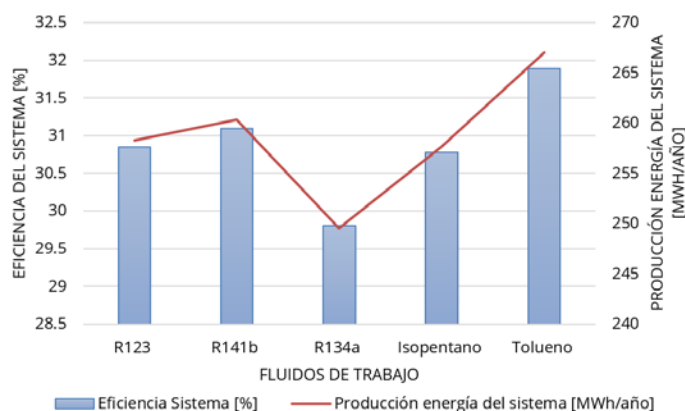


Figura 3. Producción de energía anual y eficiencia global del sistema Motor-ORC para los diferentes fluidos

### 3.4 Resultados ambientales de la implementación del ORC

Con el fin de evaluar el potencial impacto ambiental derivado de la incorporación del ciclo ORC al motor, los resultados del análisis ambiental se han consignado en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados del análisis ambiental del ciclo ORC y del sistema Motor-ORC.

Fluidos	Emisiones Sistema [tCO <sub>2</sub> equi/año]	Emisiones Evitadas [tCO <sub>2</sub> equi/año]	Porcentaje Emisiones evitadas [%]	Porcentaje reducción combustible [%]
R123	211,70	17,42	7,07	7,07%
R141b	209,71	19,41	7,81	7,81%
R134a	220,03	9,09	3,82	3,82%
Isopentano	212,24	16,88	6,86	6,86%
Tolueno	203,35	25,77	10,11	10,11%

Como se observa en la Tabla 4, la adopción del ciclo ORC ofrece la posibilidad de una disminución anual de entre 9 y 25 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Esto equivale a una reducción porcentual en las emisiones que oscila entre el 3.8% y el 10%, dependiendo del fluido de trabajo elegido. Entre las opciones de fluidos, el tolueno se destaca como el que otorga el mayor beneficio ambiental, seguido por el R141b.

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un análisis energético y ambiental del ciclo de Rankine orgánico acoplado a un motor estacionario. Se consideraron cinco fluidos de trabajo se utilizó el lenguaje de programación Python y la librería CoolProp para modelar el sistema Motor – ORC.

Mediante los resultados obtenidos en la simulación del sistema, se evidenció que el tolueno alcanza una eficiencia del 21,85%, lo que conlleva una potencia neta de 3,6 kW y una generación adicional de 27 MWh/año para el sistema de generación de energía.

Además, se logra un aumento de la eficiencia del motor en un 3,22%. El R141b se posiciona con una eficiencia del 16,4%, generando una potencia de 2,7 kW y una producción de energía adicional de 26,33 MWh/año, lo que equivale a un incremento de la eficiencia en un 2,4%.

Los resultados también ponen de manifiesto que el tolueno es el fluido que ofrece el mayor impacto positivo en términos ambientales, al evitar la emisión de 25,77 tCO<sub>2</sub>e/año. Esto se traduce en una reducción de emisiones del 10,11% en comparación con el Motor Diésel operando solo.



## REFERENCIAS

- [1] Valencia G. et al. (2019). Energy and Exergy analysis of different exhaust waste heat recovery systems for natural gas engine based on ORC. *Energies* 12, 2378.
- [2] Ochoa G. et al. (2020). Exergy, economic, and life-cycle assessment of ORC system for waste heat recovery in a natural gas internal combustion engine. *Resources* 9.
- [3] Lion S. et al. (2019). Thermodynamic analysis of waste heat recovery using Organic Rankine Cycle (ORC) for a two-stroke low speed marine Diésel engine in IMO Tier II and Tier III operation. *Energy* 183, 48-60.
- [4] Jafarzad A. et al. (2021). Thermodynamic assessment and optimization of the influences of the steam-assisted turbocharging and organic Rankine cycle on the overall performance of a diésel engine-based cogeneration integrated with a reverse osmosis desalination unit. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 46.
- [5] Mat Z. et al. (2019). The potential of exhaust waste heat recovery (WHR) from marine diésel engines via organic rankine cycle. *Energy* 166, 17-31.
- [6] Mariani A. et al. (2020). Waste heat recovery from a heavy-duty natural gas engine by Organic Rankine Cycle. En *E3S Web of Conferences*.
- [7] Sarkar J. (2015). Review and future trends of supercritical CO<sub>2</sub> Rankine cycle for low-grade heat conversion», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 48, 434-451.
- [8] Fontalvo A. (2018). Simulación termodinámica y económica de ciclos Rankine orgánicos acoplados con motores estacionarios de gas natural. En 7<sup>th</sup> International Workshop in cleaner production.
- [9] Heberle F. et al. (2012). Zeotropic mixtures as working fluids in Organic Rankine Cycles for low-enthalpy geothermal resources. *Renew Energy* 37, 364-370.
- [10] Galindo A. et al. (2018). Optimum design of a hybrid diésel-ORC / photovoltaic system using PSO: Case study for the city of Cujubim, Brazil. *Energy* 142, 33-45.
- [11] Thurairaja K. et al. (2019). Working fluid selection and performance evaluation of ORC. *Energy Procedia*, 244-248.
- [12] Bao J. y Zhao L. (2013). A review of working fluid and expander selections for organic Rankine cycle. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24, 325-342.
- [13] Babatunde A. y Sunday O. (2018). A review of working fluids for Organic Rankine Cycle (ORC) applications. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing.
- [14] Medina M. et al. (2016). Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa MVC Colombia. Corporación Ambiental Empresarial CAEM y Bolsa Mercantil.
- [15] Bell I. et al. (2014). Pure and pseudo-pure fluid thermophysical property evaluation and the open-source thermophysical property library CoolProp. *Ind. Eng. Chem. Res.* 53, 2498-2508.

# Innovación y productividad en las Pymes: un análisis teórico

Armando Mejía Giraldo<sup>1</sup>

Iván Darío Rojas Arenas<sup>2</sup>

Daniel Giraldo Sanclemente<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>*Universidad de San Buenaventura*

<sup>2</sup>*Institución Universitaria Pascual Bravo*

Colombia

Dada la cantidad de variables que intervienen en ellos, los procesos de innovación en entornos empresariales son complejos, determinando el éxito o fracaso de los procesos de I + D antes de llegar a la etapa de comercialización. En esta investigación se aborda la problemática de la innovación en las Pymes del Valle del Cauca, Colombia, con el fin de entender cómo funciona este proceso en este tipo de empresas. Se trata de un aporte desde la academia a la problemática latente de la baja capacidad productiva, poca eficiencia y bajos niveles de innovación tecnológica en distintos sectores de la economía. De igual manera, se hace un análisis de la importancia de la inserción de las Pymes en procesos de transformación digital, como una forma de competir en el mercado global. A partir de un estudio de distintos proyectos de investigación se desarrolla un análisis exploratorio, donde se aborda como objeto de estudio la relación entre innovación y productividad. Se concluye que las Pymes tienen baja capacidad innovadora debido a factores de tipo financiero, de capacidad instalada y falta de talento humano capacitado.

---

<sup>1</sup> Licenciado en Bioquímica, Magíster en Ciencias Químicas, Magíster en Educación y Doctor en Ciencias Técnicas. Contacto: [armeji@usbcali.edu.co](mailto:armeji@usbcali.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial, Especialista en Logística Integral, Especialista en Gerencia Educativa, Magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Contacto: [ivan.rojasar@pascualbravo.edu.co](mailto:ivan.rojasar@pascualbravo.edu.co)

<sup>3</sup> Estudiante Ingeniería Industrial-Ingeniería de Sistemas. Contacto: [dgiraldos1@correo.usbcali.edu.co](mailto:dgiraldos1@correo.usbcali.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizan las condiciones que hacen posible el desarrollo productivo de la Pyme, en particular la del sector confecciones del Valle del Cauca a partir del análisis de la gestión del proceso de innovación y de cómo esta debe ser acompañada de una formación o capacitación estratégica del talento humano para el logro de su mejoramiento productivo y competitivo.

En este sentido, se abordan de manera sintética los aspectos de innovación y su gestión, el mejoramiento de la productividad y la formación del talento humano. Así mismo, se revisan los principales problemas estructurales que impiden a la Pyme integrarse satisfactoriamente a los procesos económicos de la internacionalización de los mercados y la globalización.

Entendiendo que la variable que más afecta a estas empresas en la economía actual se relaciona en gran medida con el posicionamiento y sostenimiento en los mercados internos, las pymes de la región centran sus esfuerzos en conservarlos y asegurarlos, pues de ahí provienen fundamentalmente sus utilidades; no obstante, dejan de lado el hecho que la distinción entre los mercados interno y externo tiende a desaparecer, pues los flujos de capital, los centros de producción y los puntos de comercialización, no son estáticos, por el contrario, se internacionalizan, se mueven de un lugar a otro.

Dada esta situación, es importante revisar las estrategias que están asumiendo las pymes para hacerle frente a los retos planteados en términos de eficiencia operacional, calidad y producción. Sorprende encontrar todavía cierta pasividad en el sector, sobre todo en la formulación de planes de acción que pongan en marcha las estrategias que permitan desarrollar la innovación a partir de una adecuada formación del talento humano que se traduzca en aprendizaje individual y colectivo, lo que trae como consecuencia el ambiente propicio para la generación de planes y proyectos de innovación exitosos que se transformen en ventaja competitiva.

De esta manera, se hace necesaria la planeación responsable a nivel gremial o sectorial de una política de desarrollo empresarial para las pymes del sector confecciones del Valle del Cauca, para de este modo plantearse metas y objetivos que permitan hacer de ellas negocios sostenibles dentro de una economía globalizada. En otras palabras y de acuerdo con Colina [1]:

*Desde la perspectiva más general, la globalización y la competitividad son fenómenos a los que se tienen que enfrentar las organizaciones; y mientras la competitividad sea el elemento fundamental para el éxito de toda organización, los gerentes harán más esfuerzos para alcanzar altos niveles de productividad. Las organizaciones expresan una realidad cultural y están llamadas a vivir en un mundo de permanente cambio, en lo social, en lo económico y en lo tecnológico, o, por el contrario, como cualquier organismo, encerrarse en el marco de sus límites formales.*

Por otra parte, actualmente innovar no es una elección sino una obligación del mercado si se quiere ser competitivo. La innovación en todos los campos es la consigna de esta nueva era histórica, por lo tanto la importancia del talento humano como creador de nuevas oportunidades y manipulador de nuevas y más sofisticadas técnicas, ha cambiado el paradigma taylorista y cedido su protagonismo histórico a los nuevos actores generadores de riqueza social impuestos por la globalización, entre ellos, las nuevas tecnologías de información y comunicación que ya no son patrimonio exclusivo de las grandes empresas sino también de las pequeñas y medianas.

Así las cosas, en una economía del conocimiento, este debe convertir en innovación para permitirle a las organizaciones seguir siendo competitiva. Por lo tanto, discernir la información de la que dispone la organización, lograr transformar dicha información en conocimiento que genere aprendizaje, y hacer tangible dicho conocimiento, a través de la innovación, constituye una capacidad dinámica para las empresas, y más aún en entornos económicos complejos [2].

Si se analiza el caso de las Pymes en el Valle del Cauca y sus oportunidades de crecimiento, existe evidencia de que éstas no pueden desarrollar su potencial productivo y por ende competitivo, debido a las deficiencias en el ritmo en que acumulan los factores de producción y la productividad con que utilizan esos factores.

La problemática de la generación de ingreso se centra en la creciente diferencia con relación a los países desarrollados, resultado de las brechas cada vez mayores en productividad. Una de las causas de estas diferencias es la educación (formación y capacitación), ya que la capacidad de innovación en los procesos empresariales, de transferencia y asimilación de nuevas tecnologías está mediada por los conocimientos y la capacidad de aprendizaje de los empleados y trabajadores.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Innovación

Existen muchas definiciones del término innovación dependiendo del enfoque o contexto en que se utilice. Algunas de estas definiciones hacen énfasis en la novedad y mejora en el resultado final; en ellas aparece también un elemento esencial de la innovación: llevar los resultados al mercado, es decir, explotarlos comercialmente [3]. En otras se introduce un elemento adicional, característico del concepto actual de la innovación: un proceso de transformación.

Hoy, el reto consiste en crear procesos organizados y sistemáticos en las organizaciones para lograr que continuamente produzcan resultados innovadores y exitosos en la exigente prueba del mercado, y conduzcan a la creación de una cultura de la innovación. La generación, selección e implementación de ideas es la columna vertebral de este proceso [4].

Dadas estas diversas maneras de definir el concepto de innovación en el contexto empresarial, es pertinente precisar el enfoque bajo el cual se manejará este en lo sucesivo, y que está de acuerdo con las definiciones del Manual de Oslo [4], en las que se establece que el requisito mínimo para que una innovación sea considerada como tal es que el producto, proceso, método comercial o método organizacional sea nuevo (o significativamente mejorado) para la empresa. Esto incluye, por tanto, aquellos productos, procesos y métodos desarrollados por vez primera por la empresa y aquellos que la empresa ha adoptado y que han sido desarrollados previamente por otras empresas u organizaciones.

En este sentido, es plausible afirmar que los procesos de innovación han alcanzado un nivel de complejidad tal que han salido de la esfera y competencia de las empresas, para convertirse en un proyecto colectivo, en el que se involucran múltiples interrelaciones entre agentes como instituciones gubernamentales y academia, entre otros [5-7].

La construcción y trabajo en redes de cooperación y de alianzas de todo tipo es una acción fundamental y necesaria. Es un proceso de múltiples interrelaciones y retroacciones, que se ha salido de los procesos lineales tradicionales, controlados y de responsabilidad casi exclusiva de la organización, convirtiéndose en un proceso riesgoso, de patrones caóticos, con múltiples interrelaciones, tanto en el interior de la organización como los agentes del entorno [8].

Es el resultado de un esfuerzo de múltiples agentes y voluntades en la construcción de redes de cooperación y alianzas en donde el conocimiento se construye y fluye de múltiples formas entre muchos participantes [9].

En cuanto a la *taxonomía de la innovación*, muchos investigadores han clasificado la innovación, desde diversos puntos de vista. Dentro de esas clasificaciones se destacan: por su naturaleza, según el impacto o grado de novedad, por su impacto económico, según el efecto, según la escala en la que se realice el proceso de innovación y según el origen de la innovación. Para los fines prácticos de estos estudios, se toma como referente principal los cuatro tipos de innovación estipulados en [4], que son: innovación de producto (bien o servicio), innovación de proceso, innovación de mercadeo e innovación organizacional.

En esta línea, una innovación de producto es "la introducción de un bien o servicio que es nuevo o significativamente mejorado con respecto a sus características o usos previstos. Esto incluye significativas mejoras en las especificaciones técnicas, componentes y materiales, software incorporado, la facilidad de uso u otras características funcionales. Destaca que la innovación de productos puede utilizar nuevas

tecnologías y conocimientos. Puede basarse en nuevos usos o combinaciones de tecnologías existentes y conocimientos. Una innovación de productos es la introducción de nuevos productos y servicios y mejoras significativas en las características funcionales y de uso de los bienes y servicios existentes [4].

Una innovación de procesos es una herramienta para mejorar la eficiencia de la organización. Una empresa puede adoptar nuevas tecnologías, comprar nuevas maquinarias, capacitar a sus empleados y reorganizar sus procesos para hacer una innovación de procesos [4].

Una innovación de proceso se entiende como la implementación de un nueva o significativamente mejora de la producción o el método de entrega. Esto incluye cambios significativos en las técnicas, equipo y software. Reconoce que una innovación de proceso puede disminuir los costos de producción por unidad o los costos de envío y aumentar la calidad. Esto cubre tanto en el nuevo o mejorado método, significativas técnicas, equipo y software en las actividades de apoyo a saber, contabilidad, compras, el mantenimiento y la informática. En la implementación de la nueva o significativa mejora, las TIC son una innovación de proceso si mejora la eficiencia o la calidad de una actividad de apoyo [4].

Una innovación de mercadeo puede ser más fácil y menos costosa que la innovación de producto en las empresas y podría rejuvenecer la posición de la empresa en un mercado específico. Una empresa puede penetrar en su mercado y aumentar sus ingresos por ventas. En [4] se define una innovación de mercadeo como "la implementación de un nuevo método de mercadeo que implica cambios significativos en el diseño del producto o en el envase, la colocación de productos, promoción de productos o de precios". Se pone de relieve que una innovación de mercadeo puede abrir nuevos mercados, direccionar las necesidades del cliente o colocar de nuevo los productos en el mercado para aumentar las ventas.

Una innovación organizacional amplía las capacidades y la proyección de una empresa, mejora la satisfacción de los empleados y clientes potenciales para la transformación organizacional, y se entiende como la implementación de un nuevo método organizativo en las prácticas comerciales de la empresa, la organización del trabajo o las relaciones exteriores [4]. Igualmente, se reconoce la innovación organizacional como el resultado de la gestión estratégica que puede aumentar el rendimiento de una empresa mediante la reducción de costos administrativos, costos de transacción y los costos de materiales; acceder a los bienes no comerciables, mejorar la satisfacción del lugar de trabajo y la productividad del trabajo [4].

## 2.2 Gestión de la innovación

El estudio del proceso necesario para llevar una innovación al mercado o en general, en un sentido más amplio, para el desarrollo de las innovaciones en la organización, distintos autores han aportado una serie de modelos que describen las fases que intervienen en el mismo. A continuación, y de acuerdo con Escorsa [9], se describen los modelos del proceso de innovación más conocidos:

- Modelo Lineal: Este modelo aplica sobre todo a la pyme, donde los recursos para investigación básica o aplicada generalmente son nulos [9].
- Modelo de Marquis: Es un modelo más cercano a la realidad de las empresas, que inicia con una idea sobre un nuevo o mejor producto o proceso de manufactura, no necesariamente de Investigación y Desarrollo [10].
- Modelo de London Business School: Basado en la idea de que el éxito en la innovación está relacionado con la buena práctica en cuatro procesos fundamentales: 1) la generación de nuevos conceptos, 2) el desarrollo del producto, 3) la innovación de proceso, y 4) la adquisición de tecnología [9].
- Modelo de Kline: plantea que hay cinco caminos para llegar a la innovación. Relaciona la ciencia y la tecnología en todas las partes del modelo y no solo al principio, como hace el modelo lineal [9].

- Modelo de innovación abierta: Chesbrough [11] es responsable del término Innovación Abierta, que ha popularizado a través de sus libros y conferencias y del Centro para la Innovación Abierta en la Universidad de Berkeley, que él mismo dirige. Este autor plantea que el concepto de innovación abierta parte de la idea que las empresas ya no son capaces de abordar por sus propios medios todo el proceso de la innovación. Deben contar con recursos externos (propiedad intelectual, ideas, productos, personas e instituciones) las cuales se integran en su propio proceso (cadena) de innovación. Al mismo tiempo, los resultados de su trabajo pueden tener una utilidad para otras empresas y en otros mercados, lo que constituye una manera de rentabilizar aquella innovación que resulta fallida para los objetivos primarios de la empresa [11].

Según [11], la innovación deja de dirigirse desde arriba y desde el núcleo de la empresa hacia el exterior, para fluir desde abajo, y dirigida desde el exterior hacia ese núcleo. Uno de los puntos destacado por el profesor Chesbrough, es además un cambio completo de enfoque: la nueva innovación no estará solo en la invención, si no que se moverá también en la comercialización, afectando al negocio. Puede venir de fuera, la puede hacer cualquiera, no solo ingenieros. Se trata del modelo de negocios abierto que para Chesbrough es superior a la tecnología, ya que permite sostener el desarrollo tecnológico y sacarle verdadero partido. De hecho, son muchas las innovaciones recientes lanzadas sobre tecnologías ya existentes. Este nuevo modelo tiene implicaciones en las relaciones con colaboradores, clientes, y empleados, sobre todo en cuanto al conocimiento y la preparación [12].

Ninguno de estos modelos explica de manera contundente y definitiva la innovación; es una actividad compleja, diversificada, con muchos componentes interactuantes, que operan como fuentes de nuevas ideas, complicando descubrir las consecuencias que lo nuevo pueda ofrecer. En general, es posible identificar debilidades comunes a la mayoría de los modelos estudiados:

- Muchos de los modelos están enfocados a la obtención de un nuevo producto, dejando de lado otro tipo de innovaciones (de proceso, de Mercadeo, organizacionales, etc.) y el sector servicios (se centran en las de carácter radical obviando las de tipo incremental que tienen un mayor potencial innovador).
- La mayoría de los modelos se orientan hacia grandes empresas líderes que disponen de departamentos de I+D, dejando de lado empresas de menor tamaño (Pymes) que operan a través de procesos más informales.
- Los modelos conciben la innovación como el desarrollo y comercialización de ideas; por ello sus análisis comienzan con la generación de una idea y terminan con la comercialización del producto, omitiendo la etapa determinante de generación de ideas y exploración (pre-innovación), a pesar de que sin la necesaria evaluación técnica y de mercado, es difícil que la innovación resulte exitosa. En la etapa pre-innovación o de exploración, se generan ideas y se evalúan opciones, por lo que la creatividad y el recurso del conocimiento externo a la empresa resultan vitales.
- La mayoría de los modelos también fallan en incorporar la etapa posterior a la innovación (post-innovación), que ocurre una vez el producto ha sido lanzado al mercado. En la fase de difusión es importante tener presente en todo momento tanto el ciclo de vida del producto, como la curva de experiencia. La consideración de esta fase final permite la introducción de modificaciones en el producto, de forma que se adapte a las necesidades cambiantes del mercado, que responda a la competencia, y que facilite el desarrollo de los llamados productos de *última generación*.
- Los modelos relacionan las innovaciones con las ideas, pero no con los problemas que, desde el punto de vista de los autores, en muchos casos son los desencadenantes de las innovaciones.
- No se refleja el aprendizaje organizacional como elemento fundamental de la innovación, ni antes, ni durante, ni después; consideramos que todo proceso de innovación esta mediado por experiencias de aprendizaje provenientes de diversas fuentes de la organización que se traducen en ideas innovadoras.

De todas formas, los modelos de innovación resultan muy útiles cuando se trata de mejorar la comprensión sobre el proceso de innovación. Así, el análisis de los diversos modelos permite concluir una serie de consideraciones generales sobre el proceso de innovación que recogen algunos de sus elementos claves:

- La evolución del proceso de innovación no siempre se da de forma secuencial, sino que en muchos casos es más deseable su desarrollo de forma solapada. Además, los procesos de retroalimentación desde las fases posteriores hacia las anteriores son esenciales, pues se generan flujos de información entre las diferentes actividades en el tiempo e intercambio de conocimiento dentro de la organización.
- Tal y como se destaca en los últimos modelos, los factores del entorno pueden influir en los resultados de la innovación en las organizaciones. La empresa se considera como un sistema abierto adaptable que vigila su entorno y en el que las funciones de I+D y mercadeo reciben información retroactiva de los otros departamentos y del exterior. Así, el origen de las innovaciones empresariales proviene no solo del capital humano de la empresa, del propio mercado o del conocimiento de la oferta de los fabricantes de bienes de equipo, sino también del contexto de soporte (entendido como el conjunto de agentes externos que suministran información y pueden ocasionalmente ayudar). Esta dependencia de la innovación empresarial con respecto a factores externos hace que la innovación tenga lugar en el contexto de los *sistemas de innovación*, que integran una gran variedad de instituciones, redes e interrelaciones, lo que se considera actualmente como uno de los aspectos del modelo de innovación abierta. Al respecto, se ha posicionado o tomado fuerza actualmente el concepto de ecosistema de innovación.
- Se tiene otro aspecto determinante en el proceso de innovación, además del ambiente externo, es el propio ambiente interno de las organizaciones o cultura organizacional que la promueva y favorezca. Una cultura sustentada en valores como flexibilidad, asunción de riesgos, compartir, dinamismo, sugerir, entusiasmo, inquietud, creatividad, etc., hace que el proceso de innovación tenga lugar de forma más ágil y dinámica. La innovación se basa cada vez más en muchas formas de conocimiento. Parte del conocimiento tecnológico de la empresa se encuentra en el departamento de I+D, que no solo se encarga de realizar las actividades de investigación con el objeto de desarrollar nueva tecnología o mejorar la actual, sino que también desempeña un papel importante en la vigilancia tecnológica.

Existe un conocimiento más sutil pero muy importante, que viene recogido en los siguientes ámbitos: el trabajador en su puesto de trabajo, el trabajador dentro del grupo, el trabajador en la empresa, la empresa con otras empresas y el entorno donde la empresa desarrolla sus actividades. Así, cada relación es una fuente de conocimiento que puede ayudar a solucionar alguno de los problemas tecnológicos y de innovación de la empresa.

- El incremento del volumen de conocimientos se consigue fundamentalmente mediante la ejecución de actividades de I+D, pero existen otras modalidades de aprendizaje continuo como son el aprendizaje por la práctica, que se logra con la realización de las actividades de producción; el aprendizaje por el uso, que se extrae de estudiar la forma en que los clientes emplean los productos de la empresa; el aprendizaje por el error, proveniente del análisis de las decisiones erróneas adoptadas. Se concluye que las empresas triunfadoras en el futuro serán aquellas que consigan descubrir cómo lograr el compromiso de su gente y que desarrollen una capacidad de aprender a todos los niveles de la organización [13].

### 2.3 Mejoramiento de la productividad

La mejora de la productividad es resultado de las innovaciones que se suman al sustento de las prácticas exitosas existentes. La productividad es un proceso de medición que implica evaluación del aprendizaje organizacional e individual, ya que relaciona el resultado con un insumo. Es el punto en la cadena de aprendizaje en el cual la medición es lo evidente.

Es famoso el precepto de que con el solo hecho de empezar a medir, se mejora la productividad. Es importante subrayar este punto ya que explica la diferencia de fondo entre las dos metodologías de vinculación, a saber: formación/aprendizaje y productividad. A partir de la medición de la productividad se puede provocar e impulsar la formación y el aprendizaje. O bien, por el contrario, los esfuerzos de formación y aprendizaje se evalúan y se guían por los resultados en la medición de la productividad.

Si la organización introduce una modificación del proceso que implique aprendizaje y conocimientos, el impacto en lo económico-financiero o en los objetivos principales, es más inmediato. En realidad, los investigadores en esta línea de investigación de productividad y calidad lo consideran el mejor enfoque, puesto que sería una clara aplicación del capital intelectual organizacional al incremento significativo de la productividad con resultados inmediatos sobre la rentabilidad, aspecto que se está tratando de sustentar en forma permanente como estrategia válida para el desarrollo de competitividad sostenible en las organizaciones.

En este sentido, el trabajo de Mertens [14] se considera importante al plantear un modelo conceptual (Figura 1) que involucra un enfoque dinámico de la relación formación/productividad, que parte de un axioma general y esquemático: la mejora de la productividad es el sustento de la competitividad empresarial. El modelo describe la manera como se enlazan dichos conceptos y la forma de interpretar y visualizar la organización a partir de la descomposición del proceso de aprendizaje organizacional.



Figura 1. Modelo de aprendizaje organizacional

Si se tiene en cuenta que el mejoramiento en la productividad permite, y a la vez requiere, mejorar las condiciones de trabajo bajo las cuales esta se genera, se pueden relacionar conceptualmente de manera dinámica en el modelo de Mertens, el mejoramiento de la productividad con la formación del talento humano y el trabajo decente.

Es importante precisar que el significado y el objetivo de la expresión *trabajo decente* no se expresa en una sola definición o frase. Es el empleo y las perspectivas futuras de los trabajadores (enfoque de desarrollo humano); las condiciones de trabajo; el balance entre la vida laboral y familiar; la escuela de los hijos y evitar el trabajo infantil; la igualdad de sexo; el reconocimiento igualitario entre hombres y mujeres; las capacidades personales para compartir en el mercado de trabajo y mantenerse actualizado en las habilidades derivadas de las nuevas tecnologías y preservar la buena salud; la participación en el lugar de trabajo que permite que las voces de los trabajadores se escuchen, y es la trayectoria de la subsistencia a la existencia que asegura la dignidad humana [14].

La descomposición del modelo de Mertens permite identificar las contingencias más recurrentes que se presentan en cada eslabón de la cadena: aprendizaje-conocimientos-competencias-innovaciones-productividad-competitividad, desde el proceso inicial de aprendizaje hasta el logro de la competitividad. Esto clarifica los aspectos sobre los cuales la organización debe prestar atención cuando se invierte en el desarrollo del talento humano, con el fin de impulsar la generación y aplicación de nuevos conocimientos y por ende desarrollar la productividad y la competitividad sostenibles.

Es importante tener en cuenta que la mejora de la productividad no necesariamente significa un mejoramiento de la posición competitiva en el mercado o que se logren sus objetivos generales propuestos. La productividad es la expresión entre un resultado y un insumo.

Faltaría precisar si el resultado es aceptado por el mercado y visto como una mejora por los clientes (innovación). Productividad no es sinónimo de competitividad, aunque la última requiera la primera. El determinante subyacente de la competitividad sea a nivel nacional, sectorial o empresarial, es el incremento de la productividad total que combina la noción de eficiencia con efectividad.



Adicionalmente, el sistema de gestión ajustada (*lean management*) es considerado fundamental para la eficiencia de las plantas, atributo necesario para facilitar el éxito de las empresas. Sin embargo, muchas empresas fracasan en su implantación, por lo que el problema de la gestión y de las metodologías del cambio es un ámbito donde la administración del talento humano en un contexto específico es importante. Estas son cuestiones urgentes de abordar, además, el porcentaje de costo ocasionado en la planta cuando el producto sale de la fábrica o llega al consumidor final, varía en función del sector industrial, amén de tener en cuenta que gestión óptima implica gestión financiera eficiente en el uso de recursos y del capital.

Al retomar el concepto de competitividad en un mundo globalizado –que se puede definir como la capacidad que tiene una economía y sus empresas para el abastecimiento y suministro de su mercado interior y para la exportación de bienes y servicios al exterior– se comprende que las empresas actualmente busquen la forma de ser más innovadoras en el sentido de enfocarse en el cliente (logística) e intentar introducir nuevos productos y servicios, abrir nuevos mercados y desarrollar nuevas industrias con el fin de competir en forma exitosa en los mercados mundiales.

Es claro que, si la mejora de productividad es el resultado de la innovación y esta se define como la aplicación exitosa de nuevos conocimientos a la organización, se tiene establecida la relación dinámica con la formación y las competencias laborales (aprendizaje). Entonces, el desarrollo de competencias en los empleados conduce a un incremento de la productividad laboral mediante la innovación y el mejoramiento continuo de los procesos provenientes de los esfuerzos en la formación.

Así, es claro el papel que desempeña la formación en el logro de los objetivos estratégicos de la organización y, por ende, la importancia de que los empresarios Pyme así lo entiendan y actúen en consecuencia diseñando las políticas pertinentes para la gestión del talento humano como el recurso más importante de la organización.

## 2.4 Aspectos generales de las Pymes en Colombia

El tamaño de las empresas depende en gran medida de la dimensión de las economías de sus países de origen. Sin embargo, en lo que respecta a América Latina, su tamaño es considerablemente menor al de los países desarrollados, lo cual se atribuye, evidentemente, a las variables involucradas en el grado de desarrollo económico de cada país.

Los criterios empleados para clasificar las empresas son variados y habitualmente se relacionan con aspectos como producción, productividad y empleo. Para la finalidad de este libro, basta el criterio de clasificación más utilizado por los países en desarrollo, a saber: el número de trabajadores, aunque cabe anotar que también se utiliza sobre todo en los países desarrollados, el volumen de ventas y el valor de los activos principalmente.

En la Tabla 1 se muestra la clasificación de las empresas colombianas en comparación con las de otros países de América Latina, con Estados Unidos y con la Unión Europea UE. Por otra parte, es importante tener en cuenta las diferencias entre las pequeñas empresas y las microempresas (famiempleo). Estas últimas son unidades económicas que generan autoempleo, están enfocadas a la subsistencia y prima el objetivo de suplir las necesidades básicas. Por otro lado, las pequeñas empresas son unidades generadoras de empleo y es más común que los excedentes se destinen al ahorro y a la inversión para la generación de desarrollo empresarial.

**Tabla 1.** Clasificación de las empresas por número de empleados en Colombia, frente a países de América Latina, Estados Unidos y la Unión Europea

País	Micro	Pequeña	Mediana	Grande
Colombia	1 a 10	11 a 50	51 a 200	Más de 200
México	1 a 10	11 a 50	51 a 250	Más de 250
Chile	1 a 10	11 a 49	51 a 100	Más de 100
Estados Unidos	1 a 20	21 a 100	101 a 500	Más de 500
UE	1 a 10	11 a 100	101 a 350	Más de 350

En el caso de Colombia y en general de Latinoamérica, de acuerdo con [15,16], las MiPyme conforman la mayoría de la base empresarial en sus respectivos países. Esto lo ratifican los siguientes indicadores a nivel nacional, los cuales se mantienen relativamente estables (aunque existe una ligera tendencia a la baja en el sector manufacturero por el fenómeno de desindustrialización) sobre todo durante los últimos años dada la concentración industrial en el sector minero-energético, la apreciación de la divisa y el impacto de los TLC, entre otras causas.

Según el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, a pesar de las dificultades la MiPyme ha demostrado su gran potencial de crecimiento al comparar su participación en el PIB con el número de establecimientos, por lo que su contribución social es apreciable (aunque se observa un desplazamiento hacia el sector servicios en las últimas dos décadas), además de que en la coyuntura actual son casi las únicas empresas generadoras de nuevos empleos. De acuerdo con información reciente, un alto porcentaje de pequeñas y medianas empresas se dedica a una gran variedad de actividades del sector servicios (más del 60%). El comercio y la industria le siguen en importancia similar en el 40% restante, aunque tiende a crecer más el sector comercial. Los estudios referenciados coinciden en que las Pyme presentan una serie de características que han perdurado en su mayoría y limitan su desarrollo [15, 16], entre ellas se destacan:

- Baja capacidad de innovación
- Baja utilización de tecnologías de información y comunicación TIC
- Restringido acceso al financiamiento
- Dificultad para la comercialización de sus productos y obtención de insumos
- Baja participación en el mercado de la contratación pública

La baja capacidad de innovación se relaciona con la limitada inversión de las Pyme en investigación y desarrollo, las brechas de capital humano y su débil relación con el sistema nacional de competitividad, ciencia, tecnología e innovación SNCCTI, aunque cabe anotar que es una problemática del país en general. De acuerdo con [15], Colombia ha retrocedido en la variable innovación; preocupan, además, los descensos dramáticos en pilares como Eficiencia del mercado laboral e innovación (17 y 11 puestos, respectivamente), que llevan a que el país se encuentre en posiciones muy rezagadas (86 y 76, respectivamente), esto con base en el índice de competitividad global del Foro Económico Mundial, calculado para 144 países [15, 16].

### 3. MÉTODO

En particular se ha investigado mediante estudios exploratorios, la incidencia de la innovación en la productividad de la Pyme de la región, pero desde la perspectiva de su combinación con factores determinantes como el caso de la alineación con los programas de capacitación; o desde la determinación de las mejores prácticas en innovación tecnológica y mejoramiento productivo; o desde su relación con la generación de capital social; trayectoria recorrida mediante el desarrollo en forma secuencial de proyectos de investigación. En la Tabla 2 se relacionan los principales estudios desarrollados, los cuales permitieron obtener un diagnóstico claro sobre la situación de la Pyme del sector confecciones en particular y en general, de otros sectores de manufactura y servicios estratégicos para la región, en relación con los aspectos de gestión de la innovación y el mejoramiento de su productividad y competitividad.

**Tabla 2.** Estudios exploratorios desarrollados

Proyecto	Aspectos estudiados	Hallazgos
Alineación de los programas de capacitación con los procesos de innovación en la Pyme del sector confecciones del Valle del Cauca	Innovación y Capacitación del talento humano	Se determina que no existe una alineación estratégica entre los programas de capacitación y los procesos de innovación en la Pyme lo cual no contribuye a la productividad de la pyme.
Determinación de las mejores prácticas en innovación tecnológica y mejoramiento productivo en la Pyme del sector confecciones	Innovación tecnológica – Mejoramiento productivo – Cultura de innovación – Mejores prácticas	Se determinan las mejores prácticas de innovación y mejoramiento productivo. Se desarrolló una estrategia integral de capacitación en el tema.
Validación de una estrategia integral de capacitación orientada a innovación tecnológica y mejoramiento productivo en la Pyme del sector confecciones	Gestión del talento humano – Innovación – Mejoramiento tecnológico-productivo	Se valida la estrategia integral de capacitación y se obtiene mejoras significativas en productividad e innovación

Innovación y capital social como factores de competitividad en pymes de sectores productivos estratégicos de la ciudad de Cali	Innovación – (Asociatividad – Redes – Confianza) Capital social	Bajos niveles de innovación en las pymes; deficientes estrategias asociativas, de trabajo en redes de cooperación y generación de confianza.
--	---	--

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Innovación y capacitación

El análisis que se plantea a continuación es resultado de la implementación de varios proyectos de investigación, desarrollados con el fin de mejorar las propuestas de innovación de las Pymes del Valle del Cauca [15-18], y están enmarcados en referentes teóricos derivados de los trabajos de investigación de diversos autores [19-22].

Los hallazgos evidencian una baja actividad de innovación en la Pyme del sector confecciones del Valle del Cauca; igualmente, se observa baja actividad de investigación y desarrollo, aspecto íntimamente ligado a la innovación (solo el 20% de las empresas reportaron actividades que se pueden reconocer como tal). El 87% de las empresas no han realizado ningún tipo de innovación tecnológica; parecen no tener personal dedicado exclusivamente al desarrollo de nuevos productos, igualmente, no existe inversión financiera en estas actividades; ello debido principalmente al posicionamiento de ciertos productos que tienen una demanda estable, lo que influye en no tener como prioridad la innovación.

Las empresas se concentran más en estrategias de mercadeo que permitan posicionar y regularizar la demanda de productos, pero no la creación de nuevos productos que realmente puedan ser catalogados como innovaciones. Las fuentes de innovación tecnológica han estado principalmente concentradas en los empresarios, siguiéndole los grupos de trabajo dedicados a la producción y en tercer lugar los clientes y proveedores. Otra barrera que ha impedido la innovación y el desarrollo de las confecciones ser relaciona con la poca participación de diversas instituciones de investigación tanto públicas como privadas en el sector de confecciones; los empresarios desconocen los programas de apoyo estatal y privados o no le dan importancia a los mismos [15-18].

La asesoría que puedan brindar las organizaciones y entidades dedicadas al desarrollo y promoción de la tecnología con el mundo empresarial e industrial es muy importante, la falta de dicha relación en las Pyme demuestra el atraso y las pérdidas económicas a las cuales se verán enfrentadas en un mercado globalizado. Preocupa no solo por la falta de innovación tecnológica en los procesos de producción que permita una mejora de los productos ya existentes o de los nuevos, sino la negligencia en el uso de las TIC. Las causas del poco uso de internet en las transacciones económicas y sobre todo como herramienta de mercadeo y ventas son la falta de infraestructura, el poco conocimiento de las tecnologías y la escasa cantidad de recursos financieros invertidos en ello.

Esto pone de manifiesto el hecho ya afirmado que el mercado de las Pyme de las confecciones es fundamentalmente interno, los mercados internacionales han sido poco explorados, sería difícil pensar de qué forma podría entrarse en el mercado internacional cuando se carece del medio de comunicación central que ha permitido la existencia y reproducción de un fenómeno económico y cultural como lo es internet. De esta manera, se evidencia que la tecnología y la infraestructura de las Pyme está pensada única y exclusivamente para un mercado local, partiendo del mito de que el cliente es fiel a un producto, marca o empresa, si algo se pierde en las economías globalizadas son los clientes o mercados fieles, la lealtad está supeditada a una serie de condiciones que si son cumplidas de manera satisfactoria por una empresa extranjera –por ejemplo-, dicha lealtad a un producto nacional puede perderse [15-18].

Según las empresas consideradas no existen políticas de capacitación formales, aunque si directrices generales para los empleados encargados de las maquinarias; no se tiene una política clara de capacitación principalmente por dos razones: la primera hace hincapié en los costos que tiene dicha inversión; la segunda, que los empresarios no parecen tener conciencia de la importancia de dicho proceso en el mejoramiento de la productividad. El 87% de las empresas participantes no tienen un plan de capacitación

plenamente formalizado y alineados estratégicamente; se comprueba que existen talleres y actividades formativas para el manejo de nuevas máquinas, pero no están organizados como política institucional. En las Pyme se entrena, pero no se capacita; es decir, se le da al empleado las instrucciones básicas que le permiten desempeñar su función, pero no se capacita en la potenciación de sus habilidades desde una perspectiva holística con los demás procesos llevados a cabo en la producción y comercialización del producto.

Aquellas empresas que tienen un plan de capacitación formal no lo aplican de manera constante; por el contrario, se presenta de manera esporádica o contingente dependiendo de las necesidades. Aquí se encontraron dos problemas: primero, la carencia de procesos de capacitación formal; segundo, en el caso de la existencia de estos, su aplicación depende de la coyuntura empresarial [15-18].

## **4.2 Innovación tecnológica y mejoramiento productivo**

Frente a la relación entre innovación tecnológica y mejoramiento productivo, los proyectos analizados muestran que dentro de las necesidades más preponderantes para las Pymes, está el aumentar su productividad; eso se logra con tecnología, porque con esta se reducen los tiempos de proceso y los minutos en producción le permiten competir con los otros países donde se surten las grandes compañías, además de tener en cuenta que con un buen plan de trabajo, la inversión en la maquinaria se puede recuperar entre 18 y 24 meses. Este trabajo brinda a las Pymes del sector confecciones información veraz para conocer el qué y el cómo implementar las mejores prácticas en innovación tecnológica y mejoramiento productivo con el fin de hacerlas altamente productivas y constituirse en uno de los sectores más importantes como generador de empleo e ingresos económicos para la región y el país [15-18].

Basándose en la investigación, es válido impulsar en la Pyme del sector el uso de los mejores software de diseño como Gerber, Lectra, PAD System o afines; siendo estos altamente efectivos para la optimización de los recursos económicos, de materiales y tiempo que hacen parte del diseño de la prenda e igualmente, la adquisición de maquinaria y equipos de alta tecnología con el fin de lograr el mejoramiento de los procesos, la reducción de los costos operativos y el incremento de la rentabilidad. Igualmente, se deben implementar estrategias de capacitación orientadas al mejoramiento productivo que brinden herramientas basadas en las técnicas de mejora como manufactura esbelta, teoría de restricciones TOC, justo a tiempo o procesos de calidad asociados a las normas ISO 9000, por ejemplo.

Sin embargo, para la Pyme que no maneja grandes recursos económicos, la asociatividad empresarial es una estrategia efectiva para lograr mayor productividad; esto rompe aquellos paradigmas que muchas empresas tenían prevalecidos como el secreto que era para ellas su forma de producir (*Know how*) y el fortalecimiento del sector, un claro ejemplo de ello es el clúster textil, confección, diseño y moda ubicado en la ciudad de Medellín. Al respecto la asociatividad, el trabajo en red y la generación de confianza en las empresas del sector, se desarrolló un estudio para evaluar lo relacionado con estos tres aspectos que conforman el denominado capital, objeto de la siguiente investigación [15-18].

## **4.3 Innovación y capital social**

Los países y regiones más desarrolladas del mundo han logrado su posición entre otros aspectos, debido a sus recursos humanos e intelectuales, así como al tipo de relaciones que se establecen entre los agentes de un sistema económico. En este nuevo escenario, el capital social cobra un gran interés no solo para los teóricos del desarrollo, sino para las instituciones de promoción económica y social en Colombia. El concepto de capital social hace referencia a dos aspectos fundamentales de las relaciones sociales, por un lado, en cuanto a forma de interacción social y, en segundo lugar, como sistema de valores y normas compartidos.

Desde esta perspectiva, la concepción más básica del capital social se refiere a las relaciones sociales basadas en la confianza y la reciprocidad. A pesar de que los factores implícitos en el concepto de capital social pueden ser difíciles de entender, dado que normalmente suelen estar íntimamente ligados a las relaciones sociales de carácter horizontal y a la idiosincrasia cultural de la zona, para cada vez más personas

resultan más significativos a la hora de explicar el éxito económico de diferentes sectores. El capital social es un activo intangible que, a diferencia de otros, que disminuyen con el uso, éste se incrementa. Dos grandes elementos caracterizan al capital social: relaciones sociales y conocimiento compartido; por lo tanto, la denominada era de la economía del conocimiento no se puede concebir sin una fuerte articulación y desarrollo del capital social [19-22].

Se puede afirmar que es sumamente difícil que una Pyme avance trascendentalmente en incorporar conocimiento que genere innovación en sus productos (bienes o servicios), sino lo hace desde un entorno de conocimientos compartidos y afianzamiento de las relaciones sociales en las que está inmersa; así, la posibilidad de constituir una generación de pymes de base tecnológica que hagan de la innovación y su gestión su característica principal depende más del grado de desarrollo del capital social que dé respuestas asiladas y puntuales.

Lo anterior lleva a que los esfuerzos por crear una generación de estas nuevas empresas se deben enfocar en la consolidación de la red de relaciones y la difusión de conocimientos elaborados por ese conjunto. Los resultados de políticas de incentivo y apoyo a la Pyme pueden ser muy diversas según haya sido el grado de desarrollo del capital social del entorno en donde actúan. Los recursos destinados a las Pymes cuando el capital social tiene un grado importante de desarrollo tienen un mayor impacto que los mismos recursos en ambientes carentes de capital social o de escaso desarrollo [19-22].

De los resultados obtenidos en la investigación se pueden extraer algunos tópicos sustantivos para reflexión, contrastación y conclusión en relación con las pymes de los sectores estudiados: Se comprobó que si bien el concepto de capital social considera las relaciones de la empresa como un recurso que puede generar ventajas competitivas sostenibles, esto no se está aprovechado en forma adecuada por parte de la Pyme y, aunque existen muchos autores que han investigado sobre innovación y capital social individualmente, en este caso se revisaron y tomaron en cuenta investigaciones consideradas representativas y pertinentes sobre estos dos aspectos relacionados y su impacto en los sectores abordados en la investigación [15-18].

Es necesario fortalecer los programas de formación y capacitación empresarial en los aspectos productivos, económicos, financieros y de mercadeo, con el fin de evitar que la transición de empresa pequeña a mediana lleve a que muchas de estas desaparezcan y se impida la posibilidad de integraciones para la construcción de los clústeres respectivos.

La I+D+i es esencial para las Pymes, ya que estas reconocen que los aspectos de calidad, costos y mercadeo se constituyen en elementos innovadores que consolidan la competitividad y con ella las apuestas productivas para cada sector y para la región. Algunas fuentes internas reconocen como inspiradoras de innovación son los directivos, los círculos de calidad, los departamentos de I+D y el personal del área productiva. La fuente externa más importante que reconocen como inspiradora de innovación es el benchmarking, en esencia por los costos bajos y la seguridad sobre el mercado. Un elemento clave en la innovación para las pymes se ubica en los procesos, los cuales se ven transformados en su mayoría por efectos de cambios físicos en planta, generados por compra de maquinaria y equipo y reorganización de los procesos productivos; sin embargo, la innovación se puede ver afectada por la falta de recursos económicos y tecnológicos [15-18].

Las formas de asociación organizacional más reconocidas y preferidas por las Pymes son las Redes Empresariales, las Asociaciones y las Alianzas, son las de los sectores productivos estratégicos en el Valle del Cauca. Finalmente, se reconoce la importancia de la asociatividad empresarial, pero se evidencia ausencia de confianza, en esencia, porque no hay claridad sobre la efectividad de los aportes allí entregados por quienes participan de estas organizaciones sectoriales.

## **5. CONCLUSIONES**

En general las pequeñas y medianas empresas del Valle del Cauca se encuentran en una situación frágil debido a su incapacidad para desarrollar políticas que incentiven el desarrollo del talento humano

generando aprendizaje organizacional que permita el desarrollo de la innovación con miras a incrementar su productividad y competitividad.

Es indiscutible que cualquier proyecto de innovación en la Pyme de la región debe estar mediado por estrategias de formación y capacitación a partir de las cuales se logre un proceso de transferencia de conocimiento que impacte directamente las competencias del personal involucrado y traduciéndose en proyectos exitosos que agreguen valor a las organizaciones.

En relación con los procesos de innovación, las pymes, en su gran mayoría, no se encuentran incluidas o comprometidas en proyectos con instituciones que promueven el desarrollo de ciencia y tecnología como es el caso de Colciencias, en Centros de Investigación, ni con las Universidades de la región o inscritas en sus programas de innovación tecnológica (estrategias asociativas y trabajo en red); esto hace que no se adquiera el conocimiento necesario para el logro del desarrollo tecnológico-productivo que pueda representar un salto cualitativo en la productividad y competitividad en todos sus niveles.

Uno de los retos que debe enfrentarse para el desarrollo de la innovación en la Pyme del Valle del Cauca es la gerencia del conocimiento con el fin de constituir el aprendizaje organizacional como base de una competitividad basada en la innovación, la productividad, la flexibilidad y la eficiencia en el trabajo y el capital. Los empresarios del Sector Confecciones del Valle del Cauca deben ver el aprendizaje organizacional como la sumatoria de las capacidades tecnológicas, técnicas y de gestión para comprender y responder a los desafíos de los cambios de escenarios impuestos por los diferentes entornos a nivel territorio, región, país, bloques y globalmente.

Se comprobó que si bien el concepto de capital social considera las relaciones de la empresa como un recurso que puede generar ventajas competitivas sostenibles, esto no está siendo aprovechado en forma adecuada por parte de la Pyme de la región y, aunque existen muchos autores que han investigado sobre Innovación y Capital Social individualmente, en este caso se revisaron y tomaron en cuenta investigaciones consideradas representativas y pertinentes sobre estos dos aspectos relacionados y su impacto en los sectores abordados en la investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Giler G. y Valdés D. (2021). Inteligencia estratégica basada en la cultura organizacional apreciaciones desde el contexto local empresarial. *Polo del Conocimiento* 6(3), 1329-1346.
- [2] Lovera M. (2009). La Organización Creadora de Conocimiento: Una perspectiva teórica. *Revista Omnia* 15(2), 178-193.
- [3] Terán A. (2009). Desarrollo de un modelo de aplicación de la norma UNE 166002 sobre implantación de sistemas de innovación en las PYMIS venezolanas. *Disertación Doctoral*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, España.
- [4] OCDE. (2007). *Manual de Oslo. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico*.
- [5] Jiménez E. et al. (2021). Valle de la muerte: Factores que dificultan el éxito de innovaciones tecnológicas. *Revista CEA* 7(14).
- [6] Jiménez E. et al. (2021). Factores involucrados en el valle de la muerte de la I+D+i: Aproximación de casos polares. *Revista EAN* 90, 66-84.
- [7] Giraldo J. et al. (2022). Computational clustering applied to mental models for understanding the valley of death in innovation processes. *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex* 8(3), 1-17.
- [8] Rodríguez J. (2006). La innovación tecnológica: Más que un proyecto exitoso. A propósito del premio nacional de la innovación. *Revista Ingeniería e Investigación* 26(2), 84-93.
- [9] Escorsa P. y Valls J. (2003). *Tecnología e innovación en la empresa*. Alfaomega.
- [10] Zamanillo I. et al. (2006). Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: Desde el modelo lineal hasta los sistemas de innovación. En *XX Congreso anual AEDEM*. Palma de Mallorca, España.
- [11] Chesbrough H. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating a profiting from Technology*. Harvard Business School Publishing.
- [12] Chesbrough H. (2003b). The era of open innovation. *Sloan Management Review* 44(3), 35-41.
- [13] López O. et al. (2009). Evolución de los modelos de la gestión de innovación. *Innovaciones de Negocios* 5(2), 251-264.
- [14] Mertens L. y Wilde R. (2001). *Aprendizaje organizacional y competencia laboral: La experiencia de un grupo de ingenios azucareros en México*. CEPAL.
- [15] Mejía A. y Bravo M. (2009). *Gestión de la competitividad sostenible en las organizaciones. Una visión desde la perspectiva sistémica*. Editorial Bonaventuriana.
- [16] Mejía A. et al. (2010). Estrategia integral de capacitación orientada hacia la innovación tecnológica y el mejoramiento productivo en Pymes. *Latin American And Caribbean Journal of Engineering Education* 4(1), 39-46.
- [17] Mejía A. et al. (2010). Alineación de los programas de capacitación con los procesos de innovación en pymes del sector confecciones del Valle del Cauca. *Revista Guillermo de Ockham* 6(2), 37-53.
- [18] Mejía A. y Mendieta C. (2012). *Innovación y capital social como factores de competitividad en la pyme. Sector Confecciones*. Editorial Bonaventuriana.
- [19] Galán J. et al. (2005). *Capital social, confianza e innovación: El caso de un sistema productivo local tradicional*. Universidad de Sevilla.
- [20] Galán J. et al. (2006). *Capital social e innovación en clústeres industriales*. Universidad de Sevilla.
- [21] Landry R. et al. (2000) ¿Does social capital determine innovation? ¿To what extent? *Technological Forecasting and Social Change* 69(7), 681-701.
- [22] Tsai W. y Ghoshal S. (1998). Social capital and value creation: The role of intrafirm networks. *The Academy of Management Journal* 41(4), 464-476.

# Implementación de la metodología Lean Six Sigma: Un estudio de caso

Diana Marcela Legarda Daza<sup>1</sup>

Nora Fernanda Arciniegas Sánchez<sup>2</sup>

*Fundación Universitaria de Popayán, Colombia*

Al igual que muchas ciudades del mundo Popayán, Colombia, ha tenido que evidenciar la influencia que posee el sector de las MiPyme en su economía, porque estas organizaciones ocupan aproximadamente el 90% de las empresas payanesas, donde, para 2020, 38% son prestadoras de servicios y 21% prestan servicio de restaurante o alojamiento. Estas empresas se han visto permeadas por diferentes cambios sociales y económicos, por lo que los restaurantes han tenido que asumir diferentes retos para permanecerse en el mercado y en tareas que ayuden con el aumento de sus índices de productividad, eficiencia y eficacia. En este estudio se busca brindarle posibles mejoras a una de ellas, al restaurante el Rancho de Lucho, a través de la aplicación de la metodología Lean Six Sigma por medio de la herramienta DIMAF, para así conocer un diagnóstico inicial, una posible solución y visualizar los cambios obtenidos en un momento final.

---

<sup>1</sup> Contadora Pública e Ingeniera Industrial. Contacto: [legarda473@gmail.com](mailto:legarda473@gmail.com)

<sup>2</sup> Ingeniera Industria y Estudiante de Maestría en Ingeniería. Contacto: [Fernanda.arciniegas@docente.fup.edu.co](mailto:Fernanda.arciniegas@docente.fup.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

La facilidad con la que se cuenta para adquirir los diferentes productos o servicios mediante las diferentes plataformas, y las transacciones bancarias de forma electrónica, son algunas de las muchas actividades que se pueden realizar de forma virtual, con tiempos de espera mínimos, y también son unas de las tantas razones que han influenciado hoy en día de forma notoria la necesidad del cliente por adquirir todo *ya*.

Todos los sectores económicos se han visto influenciados por la era de la inmediatez, ya que ha sido un fenómeno que ha permeado de forma directa a todas las personas, desarrollándose como una idea, una tradición o costumbre para los consumidores, como lo afirma Pedro Rica y Marta Urtasun [1], se vive en una cultura de cambio e inmediatez, donde las personas se niegan a tener largos tiempo de espera, y requieren todo de forma inmediata o en el menor tiempo posible.

Sin embargo, en el caso del sector de servicios, como por ejemplo los restaurantes, cafeterías y bares, han sido los que más acciones debieron llevar a cabo, para suplir las necesidades de sus usuarios, pues en todo el mundo, los estilos de vida están cambiando, al igual que el comportamiento de los clientes. La velocidad y la comodidad son cada vez más importantes, como lo manifiesta [2]; por lo que se ve la necesidad de que se fomenten acciones que contribuyan en una distribución y producción con mayor eficiencia, es decir con tiempos de entrega que sean los mínimos posibles.

Teniendo en cuenta los cambios que ha tenido que vivir la sociedad año tras año, las innovaciones tecnológicas y las tendencias que han generado cambios y nuevas necesidades para el consumidor, ha llevado a que las empresas deban tomar decisiones para el desarrollo de sus diferente procesos, ya que han tenido que trasladar la importancia de su línea de producción hacia la red de distribución [3]; esto debido a la gran relevancia que actualmente tiene el tiempo de llegada del bien o servicio a las manos del consumidor. Por lo que se puede concluir que el mundo entero está viviendo en la era de la inmediatez, donde el tiempo es el factor más importante para tomar una decisión.

Se debe resaltar que una eficiencia en la producción y distribución no puede dejar de lado la calidad del producto, por lo que se ve la necesidad de implementar herramientas que evalúen y mejoren de forma interna y externa cada una de las áreas que llevan a cabo un proceso en el desarrollo del producto final, como es el caso de una buena distribución en la planta de producción, la eliminación de la contaminación de las materias primas por parte de materiales externos, orden y organización.

El impacto que se ha tenido en este aspecto es de forma global, aunque la implementación de nuevas tecnologías no se ha dado de la misma forma en algunos países, la gran mayoría de estos se han visto trastocados por este fenómeno. Colombia no ha sido la excepción, por ejemplo, gran parte de los bancos situados en este país, poseen una aplicación que ayuda a la realización de solicitudes y acciones sin tener que asistir a los puntos físicos, además de que el comercio virtual día a día crece, con el desarrollo constante de vitrinas de venta, como las páginas web y los perfiles en redes sociales; dicho crecimiento se puede representar en que las ventas de eCommerce alcanzaron 20% de las totales que se hicieron en el mundo, y Colombia tuvo una participación del 4% en compras online [4]. Sin embargo, se debe resaltar que la pandemia del Covid-19 aceleró el uso de los canales virtuales para el intercambio entre empresa y consumidor.

El Cauca, aunque ha sido tocado de forma directa por diferentes problemáticas sociales, ha abierto las puertas para la llegada de nuevas tendencias y necesidades por parte los Caucanos. La ciudad blanca como su capital, es el lugar con mayores impactos por parte de los cambios que día a día tienen que enfrentar el comercio y la economía misma.

Teniendo en cuenta que en la economía payanesa prevalecen las MiPyme, y adicionalmente que el 38% de las Pymes en el Municipio, prestan servicios como el de alojamiento y restaurante, que ocupan el 21% de las empresas prestadoras de servicios, según la GEP departamental de 2020 [5], se debe considerar la implementación de posibles soluciones para este sector, que contribuyan con una mejora continua.

El Rancho de Lucho es una empresa Caucana, dedicada a la prestación del servicio de restaurante que al igual que muchas otras instituciones similares, cometen errores en sus áreas de producción y distribución, por las cuales no se logra tener la satisfacción total del cliente, y en muchas ocasiones no logran el cumplimiento de sus objetivos y metas. Teniendo en cuenta lo anterior y el impacto que tienen las MiPyme en la economía, se realizó la implementación de la metodología Lean Six Sigma a través de la herramienta DIMAF para El Rancho de Lucho, con el fin de aplicar la metodología DMAIC y la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing.

En primer lugar, se realizó una definición del diagnóstico inicial de acuerdo a la medición cuantitativa de las mudas, para que después, la herramienta DIMAF desarrollará el análisis de los datos obtenidos y diera a conocer, de acuerdo a los porcentajes, las herramientas de Lean más adecuadas para la mitigación de las mudas. Teniendo en cuenta la situación de la empresa se tomará la decisión de cual herramienta se utilizará para el plan de mejora, se implementará, y obtendrá un diagnóstico final. De acuerdo a los resultados se realizarán recomendaciones que se deben llevar a cabo para el control de la problemática.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 Las MiPyme en el mundo**

Las MiPyme son un grupo de empresas donde se sitúan las micro, pequeñas y medianas compañías de una región, y de acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo OIT [6], las Pymes son unidades que en muchos países representan más del 90% de las empresas, también afirma que las MiPyme son los agentes económicos con mayor capacidad de crear empleo en América Latina y el Caribe, por lo que brindan un porcentaje cercano al 80% de los empleos [7]; se debe resaltar el papel que este grupo de instituciones posee frente a la economía mundial, y la responsabilidad e influencia que tienen sobre cada región. Latino América es uno de los sectores del mundo que posee una cantidad representativa de micro, pequeñas y medianas empresas, de acuerdo con el Banco de Desarrollo de América Latina CAF, las Pymes son aproximadamente el 99,5% del total de las empresas en Latino América y el Caribe [8].

### **2.2 Las MiPyme en Colombia**

Uno de los países Latino Americanos, que se ha caracterizado por poseer un gran número de MiPyme es Colombia, donde las micro, pequeñas y medianas compañías poseen un porcentaje cercano al 99% de las empresas del país [9]. De acuerdo a la gran importancia de las mismas en la economía nacional, a través de la ley 590 del 2000 y modificada en la ley 905 de 2004, se desarrollan las características que deben tener dichas instituciones para hacer parte de este grupo. Primero, se estipuló que las MiPyme deben poseer activos totales entre 500 y 30.000 Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes, y por otro lado que su planta de personal debe estar entre 0 y 200 trabajadores. Para las micro, la planta de personal no debe superar los 10 individuos; en el caso de las pequeñas empresas, debe estar entre 11 y 50 personas y por último las medianas, tendrán entre 51 y 200 trabajadores [10].

Colombia es un país en vía de desarrollo, caracterizado por la gran cantidad de MiPyme que hacen parte de su economía; lo anterior se puede evidenciar a través de los datos brindados por El Departamento Administrativo de Estadística DANE, donde se considera que para 2021 se registró la existencia de aproximadamente 5,4 millones de micro, pequeñas y medianas empresas [11]. A través de la información obtenida por parte del DANE también se pudo conocer que dichas entidades representan un porcentaje cercano al 90% del sector productivo colombiano. Además, se puede considerar que estas empresas constituyen aproximadamente el 35% del PIB nacional y generan más del 80% del empleo de la nación [12], con lo que se evidencia la gran participación que poseen en la economía del país, y la gran influencia que tienen en un crecimiento o decrecimiento de la misma.

En cada uno de los 32 departamentos colombianos, se reconoce la importancia que poseen las MiPyme en su economía, pues en cada rincón del país, día a día se crea una empresa nueva, ya sea en el sector agro, industrial, de servicios o cualquiera que sea la actividad económica, con el objetivo de suplir las necesidades del contexto en el que se crea la institución.

El departamento del Cauca, es una de las zonas colombianas que más se ha visto permeada por distintas problemáticas sociales, como es el caso de la violencia, la pobreza y unos altos índices de desempleo, generando con esto, la necesidad de los caucanos por crear empresas propias. Es importante resaltar, que en el Cauca hay poca presencia de grandes instituciones, dejando como resultado que un alto porcentaje de las empresas de la región son micro, pequeñas y medianas. Teniendo en cuenta los factores socioeconómicos que afectan al Cauca, este se ha caracterizado para 2020 por representar el 1,8% de la economía del País [5]. Popayán es la capital de este departamento, y es uno de los municipios colombianos caracterizado por su poco desarrollo, y por la presencia de diferentes problemáticas sociales.

En Popayán, para 2009 se tuvo la presencia de 7825 empresas de las cuales, solo 10 caracterizadas por su tamaño como grandes y las otras instituciones hacían parte de las MiPyme [13]. Aunque, en la actualidad se logra la visualización de un crecimiento en el número de compañías payanesas, es notoria la presencia en su mayoría de micro y pequeñas empresas; un claro ejemplo es el centro histórico de la ciudad blanca, donde se visualizan negocios dedicados a la venta de productos con una planta de personal no mayor a 20 trabajadores, dejando claro que desde hace más de 10 años no hay mayor diferencia en la presencia de MiPyme en el sector.

### 3. MARCO CONCEPTUAL

#### 3.1 La era de la inmediatez

Es de resaltar que Popayán es un área que aún se ve trastocada por diferentes problemáticas sociales, sin embargo, no se ha quedado atrás en la llegada de las TIC, además de verse permeada por los fenómenos de la globalización y la competitividad, lo cual ha desarrollado que las necesidades de la población día a día se sometan a constantes cambios, y por consiguiente las empresas payanesas deben asumir nuevos retos para poder satisfacer dichas solicitudes, con el fin de permanecer en el mercado.

La llegada de las diferentes tecnologías, ha desarrollado mayor facilidad y menores tiempos en la adquisición de productos y servicios por parte de los consumidores, dando inicio a un fenómeno suscrito como la era de la inmediatez; dejando al factor tiempo, como un elemento fundamental para la toma de decisiones por parte del cliente, ya que, se vuelven secundarios los factores del precio y la calidad, pero no poco importantes; en otras palabras, el *tiempo* es un activo más de la empresa [14]. Un claro ejemplo de este fenómeno es, el desarrollo de vitrinas de venta en redes sociales como Instagram, el pago de los servicios por medio de la página oficial del proveedor, las transferencias bancarias, entre otras actividades que años atrás necesitaban de un esfuerzo físico por parte del individuo, como el hecho de trasladarse o realizar una fila, y en la actualidad por medio de un *click* se pueden obtener resultados.

La era de la inmediatez ha provocado que las empresas constantemente deban asumir nuevos retos, y estar en una innovación diaria, con el fin de fidelizar y generar confianza en sus usuarios, para así lograr el objetivo de seguir creciendo como institución. Entre estos desafíos, uno de los más importantes para las compañías es el traslado de la importancia de su línea de producción hacia la red de distribución [3], de acuerdo a la gran importancia que asume el tiempo de entrega del bien o servicio al consumidor final. Es de resaltar que todos los sectores económicos han tenido que enfrentarse al reto del tiempo, pues actualmente el cliente ignora el hecho de pagar más, si cuenta con el producto o servicio en un tiempo menor al estimado.

Aunque es un reto para todos, hay algunos sectores para lo que las exigencias de los clientes y los desafíos son aún mayores, como es el caso de las empresas ubicadas en el sector de servicios. Por ejemplo, aquellas compañías que prestan el servicio de restaurante, a diario deben poner en una balanza los factores, de tiempo y calidad, teniendo en cuenta las necesidades y solicitudes de sus comensales, ya que de forma muy constante surgen preguntas como: ¿cuánto más hay que esperar? dejando al tiempo como el elemento clave para tomar la decisión de si asistir o no a dicho establecimiento.

Es de resaltar, que la llegada del fenómeno de la inmediatez se aceleró tras la pandemia del Covid-19. Con las medidas de bioseguridad, como es el caso de los aislamientos continuos, todas las instituciones tuvieron

que darse a la tarea de no desaparecer, de poder continuar ofreciendo un servicio o vendiendo un producto, por lo que el uso de las redes sociales como vitrinas de venta fue una de las tantas medidas que se tomaron y de las más reconocidas por parte de las MiPyme. Sin embargo, también se dio la creación o actualización de las páginas web o aplicaciones, solución que en su mayoría tomaron empresas como Bancolombia.

### **3.2 El capital intelectual en la cultura de la inmediatez**

Se debe tener en cuenta que los retos con la cultura de la inmediatez recaen de forma directa en los profesionales que hacen parte de las diferentes instituciones, ya que son uno de los factores más importantes de las empresas, debido a que brindan un activo intangible muy valioso, que es el capital intelectual, por medio del cual se logra brindar características como la calidad y el valor agregado a los bienes o servicios finales, y además contribuyen con la disminución o eliminación de demoras, contaminaciones o cuellos botella.

En el caso del ingeniero industrial, se puede llegar a considerar, como la fuente principal de una posible solución en las instituciones, pues a través de su capacidad de observar y analizar, puede brindar propuestas por medio de herramientas, que ayuden a las instituciones a reconocer un estado inicial en sus procesos, para así poder promoverles posibles recursos, que contribuyan con un crecimiento en sus índices de productividad y eficiencia, a través de la eliminación de mudas y desperdicios.

Las empresas deben accionar un sin número de procesos para lograr el desarrollo de un producto o un servicio, el cual será entregado a un cliente final, y el mismo evaluará características subjetivas que considera importantes a la hora de recibir el resultado de su solicitud, como es el caso del tiempo de entrega, la calidad y el precio; de acuerdo a lo anterior, se puede concluir que las instituciones trabajan a razón del cumplimiento de las necesidades de sus clientes, es por esto que constantemente deben desarrollar características que le ayuden a ser la mejor opción del mercado.

Es de resaltar que la ingeniería industrial, ayudara en la búsqueda de las posibles soluciones a través de herramientas como, diagramas de procesos, diagramas de dispersión, planillas de inspección, Lean Manufacturing, Six Sigma, entre otras opciones que dan la mano a las empresas para el conocimiento y la eliminación de errores.

### **3.3 Lean Six Sigma**

Lean Manufacturing y Six Sigma, son dos de las principales herramientas que se utilizan para el desarrollo de mejoras para las Pymes, debido a que en la filosofía de las misma se establece la importancia de la eliminación de errores en los procesos, para alcanzar altos índices en productividad, eficiencia y eficacia dentro de las compañías, además de lograr influir en la decisión de consumo del cliente de una forma positiva [15].

### **3.4 Lean Manufacturing**

Es de resaltar que la primera Lean Manufacturing ha sido seguido por empresas que desean aumenta su competitividad en el mercado, obteniendo mejores resultados a la vez que emplean menos recursos; esta es una de las razones principales por las que las micro, pequeñas y medianas empresas toman la decisión de implementar dicha herramienta para mejorar y generar valor en sus procesos, ya que es importante tener en cuenta el contexto económico de dichas instituciones [16].

La mano de obra es otro de los elementos que se tienen en cuenta para tomar la decisión con respecto a la implementación de las herramientas, pues es de resaltar que este factor es primordial dentro de las MiPyme, teniendo en cuenta que en el contexto de la empresa prevalecen más la cantidad de individuos para el desarrollo de actividades que en muchos casos tecnologías o maquinarias; dando puerta a la amplia relación de las instituciones con respecto a factores subjetivos, como las emociones y las habilidades [17]. Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo [18]; esta actividad se desarrolla a través

de ocho herramientas, donde cada una posee unas características claves según [19], como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de las herramientas principales de Lean Manufacturing [19]

Herramienta	Característica
5S	Orden y Limpieza
TPM	Disminución de averías y gastos a razón de las mismas
Flujo continuo	Producción y función de acuerdo a la demanda
Housekeeping	Control
Kanban	Conocimiento de los procesos y productos
Automatización de tareas	Correcta asignación de actividades
Poka Yoke	Reducción de errores humanos
VSM	Información visual de los espacios, procesos y actividades

Cabe resaltar, que la aplicación de cada elemento es la clave para conseguir la eficiencia, productividad y eficacia que promete LM a las empresas, teniendo en cuenta que cada uno de dichos instrumentos ayudan con la disminución de errores en los procesos.

### 3.5 Six sigma

Como lo expone Martha Lucia Pérez Urrego, Seis Sigma es un conjunto integrado de herramientas técnicas y estadísticas que permiten el logro de la filosofía de satisfacción total del cliente, a través de la reducción de la variabilidad de los procesos, aumentando su capacidad [20]. También se puede reconocer como una metodología basada en datos para conseguir la calidad más cercana a la perfección. Esto se consigue examinando los procesos productivos de manera exhaustiva [21].

Cabe resaltar, que de acuerdo a las características de esta herramienta es una opción que se puede implementar en las MiPyme, debido a que cuenta con diferentes estrategias como, reducir costos, adquirir nuevas maquinarias, medir y analizar los procesos de trabajo, mejorar las áreas operativas y alcanzar altos niveles de calidad y de satisfacción de clientes; con el objetivo principal de minimizar fallas o errores según lo expuesto por [22].

Es de resaltar que Six Sigma está soportado en una metodología compuesta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, comúnmente llamada DMAIC, y tiene como objetivo aumentar la capacidad de los procesos, de tal forma que estos generen solo 3,4 defectos por millón de oportunidades DPMO, con lo que los errores o fallas se hacen prácticamente imperceptibles para el cliente [23].

Para [24] las cinco etapas conocidas como DMAIC son: 1) *definir*, consiste en concretar el objetivo del problema o defecto y validarlo, a la vez que se definen los participantes del programa; 2) *medir*, consiste en entender el funcionamiento actual del problema o defecto; 3) *analizar*, pretende averiguar las causas reales del problema o defecto; 4) *mejorar*, permite determinar las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar; y 5) *controlar*, se basa en tomar medidas con el fin de garantizar la continuidad de la mejora y valorarla en términos económicos y de satisfacción del cliente.

Aunque el uso de esta metodología Six Sigma se ha visto utilizada en MiPyme y existen casos que lo confirman, como por ejemplo la implementación de la metodología Six Sigma en una Pyme de la ciudad de Quito en Ecuador, donde se logró una disminución de los costos y se dio un aumento en los índices de calidad de una de las áreas productivas de dicha empresa, deja la certeza de que esta herramienta brindara mejoras para las MiPyme [25].

Por otro lado, también existe una negación hacia el uso de esta metodología por parte de las Pymes y, según [23], en la actualidad, investigadores y especialistas en el tema han encontrado hallazgos que evidencian dificultades en la implementación de este tipo de enfoques en pequeñas y medianas empresas, haciendo referencia a las metodologías de Lean Manufacturing y Six Sigma. Sin embargo, estos autores también reconocen que de acuerdo a las falencias la mejor opción para dichas empresas es hacer uso de un sistema integrado conocido como Lean Six Sigma.

### 3.6 Lean Six Sigma LSS

La implementación conjunta de los modelos Lean y Six Sigma es posible debido a que estos se complementan entre sí, apoyando a la organización en los puntos clave para incrementar su beneficio, así creando sus principios fundamentales aplicados en la optimización de Procesos de Gestión, cuantificando el impacto de justo a tiempo y crear una cultura para el éxito [26].

Es de tener en cuenta, que LSS se puede definir como una metodología orientada a la mejora de procesos, con el propósito de aumentar la rentabilidad y productividad de los mismos. Se orienta a optimizar procesos donde el trabajo de las personas se ve involucrado [15]. También se reconoce que para esta herramienta el objetivo son las personas y los procesos de trabajo [17]; por lo que, de acuerdo al contexto de las MiPyme, donde se reconoce una alta participación de mano de obra en los procesos de las empresas que venden un producto o prestan un servicio, dichas instituciones obtendrán beneficios en su búsqueda de una mejora.

Cabe resaltar que, durante 2022, el semillero de investigación TIPS 4.0 de la Fundación Universitaria de Popayán desarrolló una prueba piloto de la aplicación ingenieril denominada DIMAF, la cual se llevó a cabo a través de la aplicación de Lean Six Sigma, donde se combina las metodologías Six Sigma con Lean Manufacturing, la cual será clave para el desarrollo del análisis de la empresa el Rancho de Lucho.

### 3.7 DIMAF

Esta herramienta cuenta con cuarenta y siete factores de productividad, los cuales se relacionaron directamente con una de las seis mudas. De acuerdo a cada uno de los factores de productividad se realizaron preguntas, y se calificarán de 1 a 5 (1 excelente y 5 malo), con el fin de obtener un resultado total, para así identificar cuál de los factores de productividad presentan mayores inconvenientes, y así asemejar una posible solución a través de las herramientas de Lean Manufacturing [27].

En DIMAF se definieron las seis siguientes mudas: sobreproducción, tiempo, transporte, procesos, defectos, movimiento e inventario; Además se caracterizaron como solución las siguientes herramientas de lean manufacturing: 5s, ANDON, OPT, FLUJO CONTINUO, GEMBA, HEIN JUKA, HOSHIN KAMRI, JIDOKA, JIT, KAIZEN, KAMBA, SMED, POKA-YOKE, TPM, TRABAJO ESTANDARIZADO, MANUFACTURA CELULAR, VSM, GESTION VISUAL, TQM, AMEF, KPI y QFD.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Diagnóstico inicial

El diagnóstico inicial de los niveles de productividad del restaurante el Rancho de Lucho se desarrolló a través del uso de la herramienta DIMAF, donde a través de la evaluación de cada una de las preguntas destinadas para cada muda, se obtuvieron resultados de acuerdo a los siete desperdicios (sobreproducción, tiempo, transporte, procesos, defectos, movimientos e inventario), como se expone en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Diagnóstico Inicial del Rancho de Lucho

Muda	Inicial
Sobreproducción	20%
Tiempo	15%
Transporte	27%
Procesos	6%
Defectos	8%
Movimientos	15%
Inventario	9%

En la Figura 1 se visualizan los resultados obtenidos, donde se determinan los colores más rojizos como la muda con mayor calificación, determinándola así con un mayor factor de riesgo, y con colores azules con las mudas que poseen un riesgo menor, adicionalmente, se presenta la calificación porcentual de cada una.

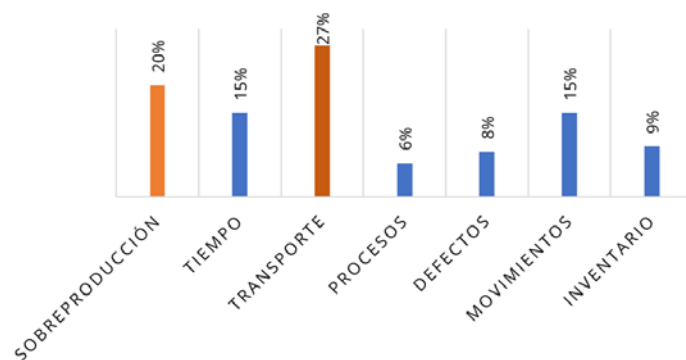


Figura 1. Diagnóstico Inicial del Rancho de Lucho

## 4.2 Definición y medición

Se logró identificar que las mudas más representativas de la empresa son sobreproducción y transporte, con un 20% y un 27% respectivamente. Estas calificaciones se obtuvieron de acuerdo a la valoración cuantitativa de los factores de productividad relacionados con cada muda, teniendo en cuenta estas calificaciones: 1 excelente, 2 bueno, 3 intermedio, 4 regular y 5 malo.

Por otro lado, la apreciación se realizará a las preguntas de la Tabla 3, las cuales están destinadas para el factor de transporte, teniendo en cuenta que esta es la muda a la que se debe controlar, para que no haya aumento de la misma.

Tabla 3. Caracterización para medir la muda Transporte

Logística	¿Considera usted que existe una buena distribución y almacenamiento de las materias primas y productos?
Capacitación	¿Está de acuerdo que los equipos de transporte que usted utiliza son necesarios y adecuados para la ejecución de sus actividades?
Demoras en la frontera	¿Con que frecuencia se presentan demoras en el recorrido?
Daños y precauciones	¿Considera usted que cuenta con las medidas de precaución necesarias para llevar a cabo el manejo del producto?
Movilidad de talento humano	¿Usted considera que el departamento de talento humano proporciona transporte eficaz y a tiempo para los colaboradores de la empresa?
Eficiencia del transporte	¿Cómo clarificaría la eficiencia y rapidez del trayecto del transporte realizado dentro de las áreas de trabajo?
Riesgo de accidentes	¿Se capacitan a los trabajadores de manera periódica para para evitar cualquier tipo de riesgo o peligro?
Precisión de entregas	¿Con base a la cantidad de pedidos, despachos y entregas se cumplen en horarios y fechas establecida?
Costos	¿Usted considera importante los costos del transporte de las materias primas?
Gasolina	¿Usted considera que el aumento del precio de la gasolina afecta el costo de la producción?
Falta de rutas	¿Cómo calificaría dentro de su empresa el reconocimiento del recorrido de las actividades y operaciones?

Los datos obtenidos para el factor de productividad, reconocido como transporte, se observan en la Tabla 4 y en la Figura 2.

Tabla 4 Calificación de los factores de productividad de la muda transporte

Factor	Calificación
Logística	3
Capacitación	5
Demoras en la frontera	2
Daños y precauciones	4
Movilidad de talento humano	3
Eficiencia del transporte	3
Riesgo de accidentes	5
Precisión de entregas	2
Costos	4
Gasolina	4
Falta de rutas	2

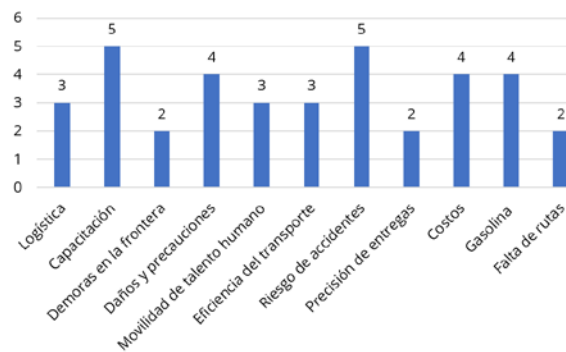


Figura 2. Calificación de los factores de productividad de la muda transporte

### 4.3 Análisis

Se logra visualizar que los factores de productividad con una mayor calificación, es decir, aquellos que se han visto afectados de forma negativa en la empresa, fueron los relacionados con aprendizaje, como el caso de capacitación y riesgos de accidente, los cuales tuvieron la evaluación más alta; Con lo que se concluyó, la falta de preparación para los colaboradores de la organización, llevando a la institución un desperdicio de tiempo y materias primas.

Otro punto que la compañía no tiene en cuenta a la hora del desarrollo de sus procesos es los costos del transporte, dejando duda en la veracidad de los costos asumidos para la producción del bien y la prestación del servicio; por lo que se puede desconocer el verdadero índice de utilidad para los dueños de la empresa, además de que tampoco se pueda dar certeza de la viabilidad del negocio.

### 4.4 Mejora

De acuerdo a las características cuantitativas que se obtuvieron en el diagnóstico inicial, DIMAF dio a conocer algunas de las herramientas de Lean Manufacturing que se pueden utilizar, para la disminución de las mudas y el aumento del índice de productividad de la organización, como lo fueron: 5s, ANDON, OPT, FLUJO CONTINUO, HEIN JUKA, JIT, KAIZEN, KAMBA, POKA-YOKE, TRABAJO ESTANDARIZADO, MANUFACTURA CELULAR, VSM, GESTION VISUAL, AMEF y KPI.

Aunque se reconocen diez y seis herramientas de lean que pueden contribuir con un beneficio para la institución, sin embargo, de acuerdo a las necesidades y la realidad de la empresa, la herramienta más adecuada a utilizar para el desarrollo de una mejora, es el trabajo estandarizado, pues se evidencia una falta de conocimiento por parte de los empleados en las operaciones relacionadas con el transporte, y también una falta de estandarización en estas actividades.

Para lo anterior se realizó un diagrama de WBS teniendo en cuenta las actividades que se realizan para la preparación de una Bandeja montañera la cual consta de 300g de carne de cerdo, 150g de filete de pollo, 100g de costilla, 200g de chicharrón, 50g de papa y medio maduro, teniendo en cuenta que este plato es el que presenta mayor demanda. Con el cual se quiere lograr la estandarización en las actividades de abastecimiento de materias primas, y el desarrollo de la Bandeja montañera, como primer producto, teniendo en cuenta la actividad, el tiempo y la persona encargada.

En la Tabla 5 se presenta la información que se obtuvo a través del desarrollo del diagrama WBS, donde se presenta el tiempo total en minutos que se tarda el desarrollo de las tres actividades principales: abastecimiento de materias primas, producción y venta del producto.

Tabla 5. Resultados de WBS

Actividad	Tiempo total (min)
Abastecimiento de MP	175
Producción	15
Venta	11



## 4.5 Control

El diagrama anterior se le dio a conocer a todos los operarios con el fin de que conozcan el proceso de forma detallada, es decir los tiempos que se tarda cada actividad, las sub-actividades, y también las personas encargadas de cada tarea. Adicionalmente, se llevó a cabo una lista de chequeo, donde se dan a presentar las diferentes actividades y se puede determinar si se realizaron o no, para así lograr garantizar el cumplimiento del proceso como se ha expuesto, para que se dé de la forma más eficiente y productiva.

## 4.6 Resultados

Al revisar nuevamente la evaluación en DIMAF, para poder visualizar los cambios obtenidos con respecto a la muda de transporte se obtuvo la Figura 3, donde se logra evidenciar una diferencia de siete puntos entre el diagnóstico inicial y el final, concluyendo que la implementación de las diferentes herramientas contribuyo de forma óptima con la reducción de la muda, y adicionalmente ayuda a que el proceso sea más productivo y eficiente.

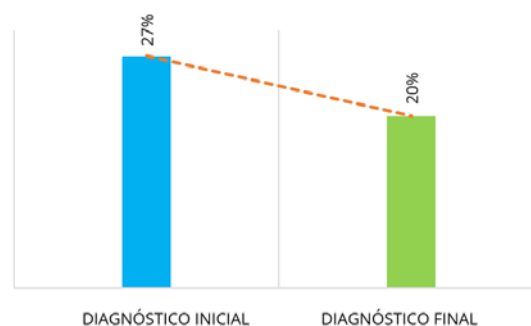


Figura 3. Diagnóstico inicial y final de Transporte

## 4.7 Recomendaciones

El Rancho de Lucho debe realizar la estandarización de las actividades necesarias para el desarrollo de cada uno de los procesos que hacen parte de la muda de transporte, y adicionalmente se ve la necesidad de que la revisión a través de la lista de chequeo se realice de forma constante para con esto tener un control sobre la mejora, y poder seguir garantizando que el desarrollo de los diferentes procesos se realice de la forma más eficiente posible. Para complementar la estandarización de las actividades, es necesario que esta institución se plantee como objetivo a corto plazo la capacitación constante de sus colaboradores, para así tener el menor riesgo posible.

Cabe resaltar que proyectar diferente mejoras en las empresas, destina una mayor permanencia en el mercado, y de acuerdo a la situación de las MiPyme en el país, las cuales tienen alto riesgo de ser poco competitivas, y además de la creciente creación de ideas de negocio enfocadas en el ámbito de los alimentos, se ve la necesidad de que restaurantes como el Rancho de Lucho, pasen de un pensamiento tradicional, a uno innovador, donde se desarrollen ideas de mejora que se acoplen a lo demandado por sus clientes.

## 5. CONCLUSIONES

La aplicación de Lean Six Sigma es una ayuda fundamental para la mejora continua de las MiPyme, pues logran el desarrollo de posibles oportunidades de mejora. De acuerdo con las circunstancias a las que se enfrentan dichas empresas, como es el caso de las condiciones económicas que permean a las micro, pequeñas y medianas organizaciones, que muchas veces son una limitante para el desarrollo de altos índices de productividad y eficiencia.

Además de que estas herramientas, generan un enfoque y mejora en la mano de obra, también se debe resaltar que para este sector dicho elemento es fundamental para el desarrollo de sus diferentes procesos u operaciones, teniendo en cuenta que para estas instituciones la fuerza del hombre se ocupa de la mayoría

del proceso productivo. Es por esta razón que se debe reconocer a Lean Six Sigma como una oportunidad para las MiPyme.

De acuerdo a lo anterior, se logra afirmar que esta herramienta, puede considerarse como una oportunidad para Colombia, teniendo en cuenta el porcentaje de empresas micro, pequeñas y medianas que hay en el país, una mejora en estas empresas puede traer consigo mayores beneficios para los empresarios colombianos y también para los trabajadores, puesto que estas empresas contarán con mayor subsistencia en el mercado, evitando así el aumento de los índices de desempleo.

## REFERENCIAS

- [1] Urtasun M. y Rica P. (2021). El cambio de la sociedad del consumo y la inmediatez. Recuperado: <http://www.rocagallery.com/es/el-cambio-de-la-sociedad-del-consumo-y-la-inmediatez>
- [2] Chavarria K. (2021). PedidosYa da a conocer su nuevo Managing Director para Costa Rica. Recuperado: <https://laagendacr.com/pedidosya-da-a-conocer-su-nuevo-managing-director-para-costa-rica/>
- [3] Ríos A. (2021). La era de la inmediatez: El desafío logístico como ventaja competitiva. <https://www.elfinanciero.com.mx/monterrey/2021/12/08/alejandro-rios-la-era-de-la-inmediatez-el-desafio-logistico-como-ventaja-competitiva/>
- [4] Gutierrez A. (2022). Ventas de comercio electrónico en Colombia crecieron 40% y llegaron a \$40 billones. Diario La República.
- [5] Colombia en cifras. (2016). Economía del Cauca. Recuperado: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/220311-InfoDANE-Cauca-panorama-socioeconomico.pdf>
- [6] Ferraro C. y Rojo S. (2018). Las MIPYME en América Latina y el Caribe: Una agenda integrada para promover la productividad y la formalización. Recuperado: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms\\_654249.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms_654249.pdf)
- [7] Abelarde S. (2021). La importancia de las PyMEs en el mundo post-COVID. Recuperado: <https://news.sap.com/latinamerica/2021/06/la-importancia-de-las-pymes-en-el-mundo-post-covid/>
- [8] Banco de desarrollo de América Latina y el Caribe. (2019). Índice de Políticas PYME: América Latina y el Caribe 2019. Recuperado: <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2019/04/indice-de-politicas-pyme-america-latina-y-el-caribe-2019/>
- [9] ANIF. (2021). Retos y oportunidades de las Pymes. Recuperado: [https://www.anif.com.co/comentarios-economicos-del-dia/retos-y-oportunidades-de-las-pymes/#:~:text=Las%20micro%2C%20peque%C3%B1as%20y%20medianas,Producto%20Interno%20Bruto%20\(PIB\).](https://www.anif.com.co/comentarios-economicos-del-dia/retos-y-oportunidades-de-las-pymes/#:~:text=Las%20micro%2C%20peque%C3%B1as%20y%20medianas,Producto%20Interno%20Bruto%20(PIB).)
- [10] Función Pública. (2004). Ley 905 de 2004. Recuperado: [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=14501](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=14501)
- [11] Revista Semana. (2022). Se necesitan \$ 2 millones para crear una empresa en Colombia. Recuperado: <https://www.semana.com/economia/empresas/articulo/se-necesitan-2-millones-para-crear-una-empresa-en-colombia/202256/>
- [12] Colombia Potencia de la vida. (2019). MiPyme representan más de 90% del sector productivo nacional y generan el 80% del empleo en Colombia. Recuperado: <https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2019/septiembre/MiPyme-representan-mas-de-90-del-sector-productivo-nacional-y-generan-el-80-del-empleo-en-colombia-ministra-alicia-arango>
- [13] Gómez A. et al. (2016). Análisis de la dinámica del mercado laboral en Popayán - Colombia. *Económicas CUC* 37(1), 135-176.
- [14] Ojeda J. (2021). El valor del tiempo en la era de la inmediatez. Recuperado: <https://www.linkedin.com/pulse/el-valor-del-tiempo-en-la-era-de-inmediatez-jose-luis-ojeda-fraile/?originalSubdomain=es>
- [15] Canive T. (2018). Lean Six Sigma. Recuperado: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/lean-six-sigma>
- [16] Tejada A. (2011). Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y sociedad*.
- [17] Felizzola H. y Amaya C. (2014) Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: Un enfoque metodológico. Recuperado: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v22n2/art12.pdf>
- [18] López B. (2019). ¿Qué es el Lean Manufacturing? Recuperado: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/que-es-el-lean-manufacturing/>
- [19] Serrano J. (2020). ¿Cuáles son las herramientas de Lean Manufacturing? Recuperado: <https://sixphere.com/blog/herramientas-lean-manufacturing/>
- [20] Pérez M. (2013). Seis Sigma, guía didáctica para Pymes. Trabajo de grado. Universidad de Ibagué, Colombia.
- [21] Navarro E. et al. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. *Investigación y pensamiento crítico*.
- [22] Editorial etecé. (2017). Six Sigma. Recuperado: <https://humanidades.com/six-sigma/>
- [23] Felizzola H. y Luna C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: Un enfoque metodológico. *Ingeniare*.
- [24] Hernández C. (2014). La metodología lean six sigma, sus herramientas y ventajas. Tesis de maestría. Universidad de Veracruz, México.
- [25] Raúl B. y Salazar C. (2018). Six sigma en las Pymes, bajando costos con calidad. *Revistaespacios.com*.
- [26] Gómez C. (2019). Guía metodológica para la aplicación del lean six sigma en procesos de fabricación de plásticos en multinacionales colombianas. Trabajo de grado. Fundación universidad de América, Colombia.
- [27] Legarda D. (2023). Herramienta DIMAF. Recuperado: [https://www.youtube.com/watch?v=UwTFOE9ntWc&ab\\_channel=DianaLegarda](https://www.youtube.com/watch?v=UwTFOE9ntWc&ab_channel=DianaLegarda)

# Aplicación en tiempo real de redes neuronales convolucionales YOLOv5 y YOLOv8 para la detección de autobuses del Sistema Integrado de Transporte Público SITP de Bogotá, Colombia

Juan David Sandoval Valencia<sup>1</sup>

Ricardo Alirio González Bustamante<sup>2</sup>

Sandra Milena García Ávila<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad ECCI

<sup>3</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD

Colombia

Los avances en visión por computadora han permitido que las máquinas sean capaces de identificar y clasificar objetos de forma instantánea. Este estudio, realizado en la ciudad de Bogotá, Colombia, se enfoca en analizar las redes neuronales convolucionales You Only Look Once YOLO, v5 y v8, con el objetivo de lograr una identificación precisa y eficiente de los buses del Sistema Integrado de Transporte SITP en tiempo real. Para lograr esto se creó un conjunto de datos personalizados y se utilizaron herramientas como Python y OpenCV, con el fin de anotar y entrenar los modelos de forma meticulosa. Los resultados destacan la precisión y rapidez en la detección de objetos por parte de ambas arquitecturas, incluso en escenarios desafiantes, como la transmisión de video en vivo.

---

<sup>1</sup> Tecnólogo en electrónica industrial y Estudiante de Ingeniería Electrónica. Contacto: [juand.sandovalv@ecc.edu.co](mailto:juand.sandovalv@ecc.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero Electrónico, Especialista en Derechos de las Telecomunicaciones, Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones y Doctor en Ingeniería. Contacto: [rgonzlezb@ecc.edu.co](mailto:rgonzlezb@ecc.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniera Electrónica, Especialista en Bioingeniería y Magíster en Ingeniería Electrónica. Contacto: [sandra.garcia@unad.edu.co](mailto:sandra.garcia@unad.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

En esta investigación se han evaluado las arquitecturas YOLOv5 y YOLOv8 en la tarea de identificación de SITP en tiempo real. Para lograr este propósito se han empleado conjuntos de datos personalizados y se ha utilizado Python en combinación con OpenCV [1]. Ambos modelos han detectado objetos con gran precisión exhibido una detección de objetos altamente precisa, incluso en condiciones adversas desafiantes.

Esta eficacia los posiciona como herramientas de gran valor en aplicaciones que requieren respuestas ágiles [2]. Estos hallazgos no solo enriquecen el conocimiento práctico, sino que también abren oportunidades para su aplicación en una variedad de industrias y fomentan el avance de progreso en tecnologías como los vehículos autónomos y la automatización industrial, lo que a su vez contribuye contribuyendo a una mejora significativa en términos de eficiencia y seguridad [3].

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Aprendizaje automático y redes neuronales

El aprendizaje automático es un campo que desarrolla algoritmos y modelos para tomar decisiones basadas en datos, permitiendo a las máquinas aprender y mejorar su rendimiento a través de la experiencia. En el contexto de la detección de objetos en tiempo real, el aprendizaje automático desempeña un papel esencial al entrenar modelos para reconocer y clasificar objetos utilizando conjuntos de datos etiquetados [4]. Las redes neuronales, inspiradas en el funcionamiento del cerebro humano, se emplean ampliamente en el aprendizaje automático. En particular, las redes neuronales convolucionales CNN han demostrado ser altamente efectivas en tareas de visión por computadora, como la detección y clasificación de objetos en imágenes y videos [5]. Ejemplos destacados de arquitecturas CNN para la detección de objetos en tiempo real incluyen YOLOv5 y YOLOv8. Estos modelos aprenden patrones visuales que les permiten identificar y localizar objetos de manera precisa y rápida [6].

El enfoque conceptual de este estudio implica la utilización conjunta del aprendizaje automático y las CNN para abordar los desafíos asociados con la detección de objetos en tiempo real [7]. El aprendizaje automático posibilita que las máquinas adquieran conocimiento a partir de datos, mientras que las CNN, como YOLOv5 y YOLOv8, funcionan como herramientas especializadas en la detección y clasificación de objetos. La combinación de estas tecnologías permite la identificación rápida y precisa de objetos en aplicaciones en tiempo real, con implicaciones en áreas como la conducción autónoma, la seguridad y la vigilancia [8].

### 2.2 Gobernanza y tecnologías emergentes

Un aspecto crítico que merece atención es el posible impacto en la equidad y la justicia. Es fundamental asegurar que los sistemas de identificación de actores viales en tiempo real no perpetúen inadvertidamente sesgos o discriminación hacia ciertos grupos de usuarios de la vía [9]. Los sesgos no intencionales en estos sistemas podrían acarrear consecuencias graves, dando lugar a un trato desigual y efectos colaterales que van en contravía del propósito de mejorar la movilidad en términos de seguridad vial y disminución de las tasas de accidentalidad.

Además, si bien los avances tecnológicos permiten la recolección amplia de datos, es crucial priorizar la protección de los datos personales y cumplir con las normativas de privacidad durante la recolección y procesamiento de información visual. Lograr un equilibrio adecuado entre el uso de los datos recolectados para mejorar la seguridad vial y salvaguardar los derechos de privacidad de las personas es una tarea compleja que requiere la formulación y ejecución cuidadosa de políticas públicas [9].

### 2.3 Medio ambiente y movilidad

La detección de objetos en tiempo real mediante YOLOv5 y YOLOv8 puede mejorar la seguridad vial y la gestión del tráfico. Al considerar que los vehículos emiten mayores cantidades de gases contaminantes

durante los congestionamientos de tráfico, es imperativo presentar con persuasión la aplicación de los resultados de este estudio como un medio efectivo para reducir significativamente las emisiones de gases, material particulado y otros contaminantes atmosféricos. Sin embargo, resulta esencial ampliar esta perspectiva al futuro y aportar una cuantificación precisa de estas reducciones. Esta medida permitirá una evaluación sólida de los impactos ambientales y de movilidad que pueden lograrse [10].

En cuanto a la movilidad, la detección de objetos en tiempo real proporciona datos valiosos para mejorar la planificación del transporte y promover opciones de movilidad sostenible [11]. La optimización de los semáforos y la mejora de los sistemas de transporte público pueden reducir la congestión y las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los vehículos privados [11]. Además, fomenta el transporte sostenible, como el uso compartido de vehículos y la movilidad activa, al ofrecer información precisa sobre el servicio, lo que conduce a la reducción de emisiones y el uso eficiente de recursos [10].

Para asegurar un uso responsable, las políticas deben abordar consideraciones éticas, de protección de datos y medioambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de estas tecnologías [10]. La colaboración entre los sectores público, privado y académico resulta esencial para encontrar soluciones efectivas que promuevan la sostenibilidad y la movilidad responsable [11]. En resumen, la implementación responsable y políticas sólidas son fundamentales para maximizar los beneficios y, al mismo tiempo, mitigar los impactos negativos sobre el medio ambiente y la movilidad urbana.

## **2.4 Educación y capacitación en tecnologías de detección de objetos**

La educación y formación son elementos clave para la exitosa implementación de tecnologías de detección de objetos, como YOLOv5 y YOLOv8. Es esencial establecer una base sólida en conceptos fundamentales de aprendizaje automático y redes neuronales convolucionales [12, 13]. Un conocimiento específico acerca de las características, ventajas, limitaciones y configuración apropiada de estos modelos es vital para diversas aplicaciones [13]. La formación debe incluir ejemplos prácticos y casos de uso para permitir su aplicación en situaciones del mundo real [14].

Asimismo, es igualmente crucial crear conciencia acerca de los desafíos éticos relacionados con la privacidad, la discriminación y los sesgos en los modelos de aprendizaje automático [14]. Los participantes deben estar preparados para abordar estas implicaciones éticas y legales de manera responsable en contextos prácticos como la promulgación, implementación y aplicación de políticas públicas. En última instancia, la educación y formación capacitan a estudiantes y profesionales para utilizar tecnologías de detección de objetos de manera eficiente y responsable [14].

## **2.5 Bogotá como ciudad innovadora en la identificación de actores viales**

Bogotá ha asumido un rol pionero en la adopción de tecnologías de identificación de actores viales, incluyendo YOLOv5 y YOLOv8. Al implementar sistemas avanzados de reconocimiento de objetos, la ciudad ha mejorado significativamente la seguridad vial, la eficiencia del transporte y la gestión del tráfico [15]. Mediante cámaras y sensores inteligentes estratégicamente ubicados en toda la urbe, se logra una supervisión eficaz del tráfico y la detección en tiempo real de vehículos, peatones y bicicletas, proporcionando datos esenciales para la toma de decisiones informadas sobre movilidad y seguridad vial [16].

En cuanto al aporte específico de este estudio en un contexto ya implementado en Bogotá, es importante destacar cómo este estudio particular ha afinado y optimizado la tecnología de identificación de los buses de transporte público, lo que ha llevado a una mayor precisión en la detección y a una mejor adaptación a las condiciones de tráfico únicas de la ciudad. Además, se han identificado patrones de comportamiento vial específicos que han permitido una implementación más estratégica de medidas de mejora de la movilidad y la seguridad vial.

Adicionalmente, Bogotá ha liderado la implementación de políticas de movilidad sostenible basadas en la identificación de actores viales. Haciendo uso de la información de los sistemas de reconocimiento de

objetos, la ciudad ha adoptado medidas para mejorar el flujo de tráfico, optimizar los tiempos de los semáforos y promover el uso de alternativas de transporte ecológicas, como el transporte público y la movilidad activa. Estas iniciativas han logrado reducir de manera efectiva la congestión vehicular, disminuir las emisiones contaminantes y promover una red de transporte más eficiente y sostenible [17][18].

Si bien es cierto que se ha identificado a Bogotá como una de las ciudades más congestionadas del mundo, estas iniciativas y políticas basadas en la tecnología de identificación de actores viales están destinadas a abordar precisamente este problema. La adopción de estas medidas demuestra el compromiso de la ciudad con la mejora de la movilidad y la reducción de la congestión, lo que podría influir positivamente en futuras estadísticas de congestión a medida que se consolide su efectividad.

Bogotá se encuentra en una posición particular frente a la congestión vehicular, ya que ha sido identificada como la quinta ciudad más congestionada del mundo, de acuerdo a las estadísticas más recientes. La siguiente tabla muestra las ciudades más congestionadas a nivel mundial (Tabla 1).

**Tabla 1.** Ciudades más congestionadas en 2023 [19]

	<b>Ciudad</b>	<b>País</b>	<b>Tiempo de retraso</b>
1	London	Reino Unido	156 horas
2	Chicago	Estados Unidos	155 horas
3	Paris	Francia	138 horas
4	Boston	Estados Unidos	134 horas
5	Bogotá	Colombia	122 horas
6	Palermo	Italia	121 horas
7	Toronto	Canadá	118 horas
8	New York City	Estados Unidos	117 horas
9	Monterrey	México	116 horas
10	Philadelphia	Estados Unidos	114 horas

La información proporcionada (Tablas 2 y 3), revela la gravedad del problema de accidentes involucrando vehículos de transporte público en Bogotá. Durante el año 2022, se registraron un total de 18.846 accidentes de este tipo, con un saldo trágico de 105 víctimas fatales y 2.100 personas heridas. En lo que va de 2023, estos números han aumentado a 11.581 accidentes, resultando en 108 víctimas mortales y 2.200 personas heridas [20].

**Tabla 2.** Tasa de accidentalidad de vehículos de transporte público en 2022 [20]

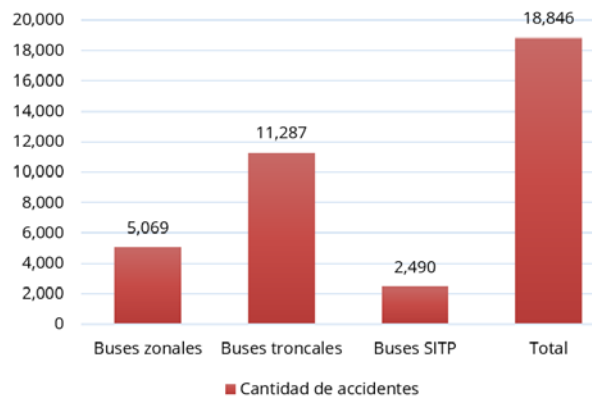
<b>Tipo de transporte</b>	<b>Cantidad de accidentes</b>
Buses zonales	5.069
Buses troncales	11.287
Buses SITP	2.490
Total	18.846

**Tabla 3.** Tasa de accidentalidad de vehículos de transporte público en 2023 [20]

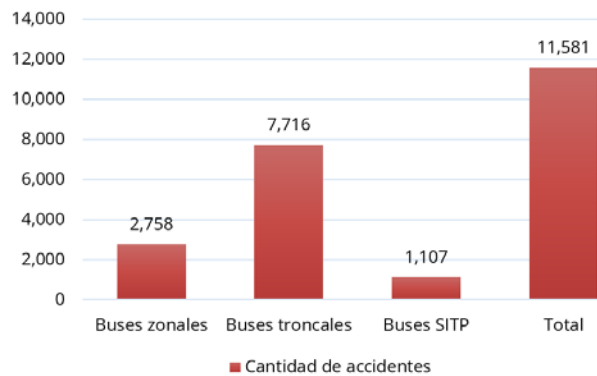
<b>Tipo de transporte</b>	<b>Cantidad de accidentes</b>
Buses zonales	2.758
Buses troncales	7.716
Buses SITP	1.107
Total	11.581

Estas cifras indican claramente un aumento en la frecuencia de los accidentes relacionados con vehículos de transporte público en Bogotá en los últimos años. Esta tendencia es motivo de preocupación, dada la importancia del transporte público para la movilidad de la ciudad (Figuras 1 y 2).

Factores fundamentales contribuyentes a estos accidentes son la imprudencia de los conductores, las deficientes condiciones de las vías y el incumplimiento de las normas de tránsito [20]. Aunque las autoridades de Bogotá han implementado medidas para mitigar la incidencia de accidentes en el transporte público, queda un largo trecho por recorrer. Resulta imperativo continuar adoptando políticas enfocadas en reducir la tasa de accidentes en la que están involucrados estos vehículos.



**Figura 1.** Tasa de accidentalidad de vehículos de transporte público en 2022



**Figura 2.** Tasa de accidentalidad de vehículos de transporte público en enero-mayo de 2023

Estas políticas deberían centrarse en los siguientes aspectos:

- *Formación y capacitación de conductores de transporte público:* Es esencial proporcionar a los conductores de transporte público una educación y entrenamiento en seguridad vial. Dicha formación debería abordar temas como la prevención de accidentes, la correcta utilización de dispositivos de seguridad y el cumplimiento de las normas de tránsito.
- *Mejoramiento de la infraestructura vial:* Las autoridades deben invertir en la mejora de la infraestructura vial, especialmente en las vías utilizadas por el transporte público. Esto implica mantener las vías en buen estado, construir pasos peatonales elevados y la instalación adecuada de semáforos.
- *Control del cumplimiento de las normas de tránsito:* Las autoridades deben intensificar la vigilancia sobre el cumplimiento de las normas de tránsito, en particular por parte de los vehículos de transporte público. Esto incluye la implementación de operativos de control de velocidad, pruebas de alcoholemia y la verificación de la documentación pertinente.

Estas medidas necesitan ser aplicadas de manera coordinada y exhaustiva para lograr un impacto significativo en la reducción de los accidentes relacionados con vehículos de transporte público en Bogotá.

### 3. MÉTODO

#### 3.1 Flujo de tráfico

El modelo de detección de objetos se basa en las arquitecturas YOLOv5 y YOLOv8 para analizar el flujo de tráfico en tiempo real utilizando técnicas de visión por computadora y aprendizaje automático. Su principal objetivo es detectar, clasificar y rastrear varios tipos de vehículos en movimiento en carreteras [21]. Este modelo desempeña un papel crucial en la comprensión de la congestión vial, la optimización de la gestión del transporte y la mejora de la planificación urbana. Para lograr estas tareas de manera eficiente, el modelo utiliza una arquitectura profunda de red neuronal convolucional [22].



El proceso de detección y clasificación de vehículos en el flujo de tráfico se lleva a cabo como se representa en la Figura 3.

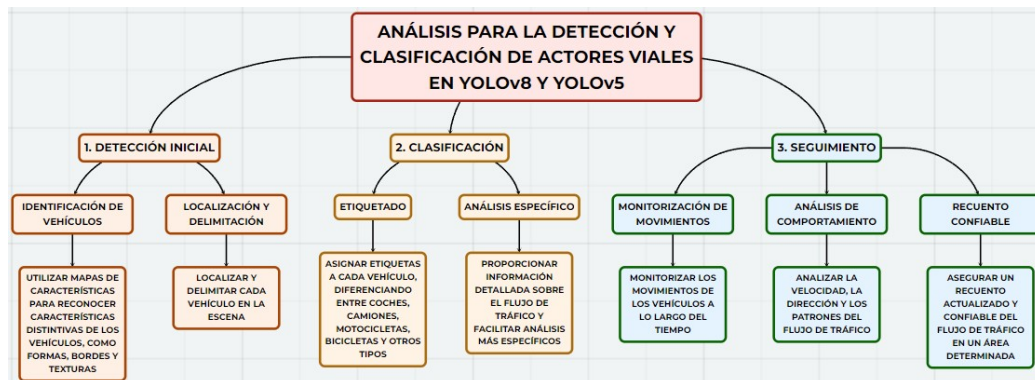


Figura 3. Diagrama de análisis para el proceso de detección y clasificación de actores viales (transporte público)

- **Detección Inicial:** Una capa de detección identifica vehículos en imágenes o secuencias de imágenes utilizando mapas de características para reconocer características distintivas de los vehículos, como formas, bordes y texturas. Esta capa permite localizar y delimitar cada vehículo en la escena [22].
- **Clasificación:** Posteriormente, los algoritmos de detección de objetos asignan etiquetas a cada vehículo, diferenciando entre coches, camiones, motocicletas, bicicletas y otros tipos. Esta clasificación precisa proporciona información detallada sobre el flujo de tráfico y facilita análisis más específicos [23].
- **Seguimiento:** El modelo incorpora una capa de seguimiento para monitorizar los movimientos de los vehículos a lo largo del tiempo. Esto permite analizar el comportamiento del flujo de tráfico, incluyendo la velocidad, la dirección y los patrones. El seguimiento preciso asegura un recuento actualizado y confiable del flujo de tráfico en un área determinada [24, 25].

Para mejorar la precisión y robustez del modelo, se utiliza un proceso de entrenamiento con conjuntos de datos etiquetados, que contienen imágenes de vehículos y anotaciones que indican ubicación y categoría. Los pesos de la red neuronal convolucional se optimizan mediante algoritmos de aprendizaje automático para lograr detecciones y clasificaciones precisas en diversas condiciones y entornos de iluminación [2].

### 3.2 Implementación de YOLO en Python para la Identificación de Actores Viales

En este estudio se ha corroborado que la implementación del modelo YOLO en Python es una poderosa herramienta para la detección precisa y eficiente de actores viales en tiempo real. YOLO se basa en una arquitectura de red neuronal convolucional que permite detectar y clasificar múltiples objetos en una imagen de manera simultánea [1]. Para llevar a cabo la implementación del modelo YOLO en Python es necesario seguir los siguientes pasos:

1. **Descargar y configurar el modelo:** El primer paso consiste en descargar y configurar el modelo YOLO previamente entrenado. Versiones como YOLOv3, YOLOv4, YOLOv5 o YOLOv8 están disponibles en repositorios públicos. Una vez descargado el modelo, se carga utilizando la biblioteca PyTorch [1].
2. **Preparación de datos:** Antes de realizar la detección de actores viales, es esencial preparar los datos de entrada. Esto incluye la obtención de imágenes o el acceso a una transmisión de video en tiempo real. Las imágenes o fotogramas de video deben ser editados mediante procesos que incluyen el redimensionamiento y normalización para hacerlos redimensionarse y normalizarse para que sean compatibles con el modelo YOLO [1, 25] (Figura 4).
3. **Detección de actores viales:** Después de preparar los datos de entrada, se procede a utilizar el modelo YOLO para realizar la detección de los actores viales. Esto implica pasar las imágenes o fotogramas de video a través del modelo y obtener las detecciones correspondientes. Cada detección proporcionará las coordenadas del cuadro delimitador, la etiqueta de clase y la confianza asociada a esa detección [1].

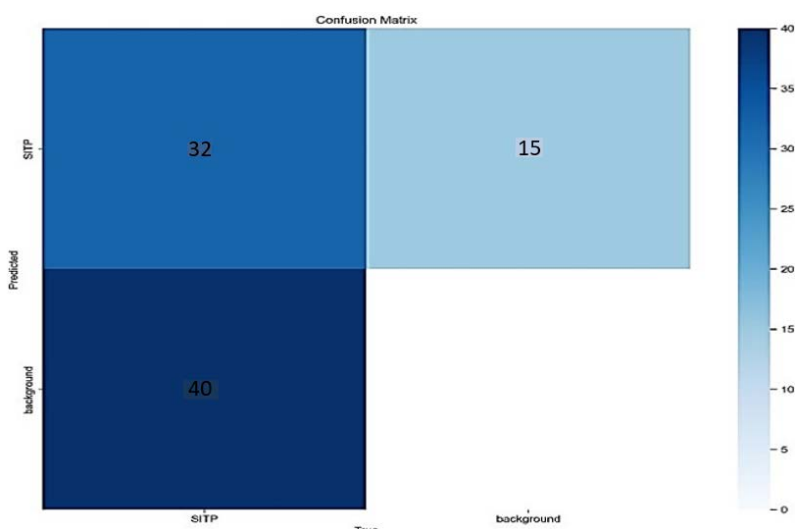


**Figura 4.** Fragmento del conjunto de datos de imágenes de entrenamiento para YOLO

4. *Post-procesamiento de detecciones:* Una vez que se han obtenido las detecciones, es posible aplicar un proceso de post-procesamiento para filtrar y mejorar los resultados. Este procedimiento puede abarcar la eliminación de detecciones con baja confianza, que son aquellas cuya precisión es incierta o cuestionable. Estas detecciones pueden surgir debido a diversos factores, como una visibilidad deficiente o condiciones de iluminación desfavorables. Además, se puede aplicar la técnica de supresión no máxima para descartar detecciones redundantes, evitando así repeticiones innecesarias; este enfoque implica retener solo la detección con la mayor confianza en una región determinada y eliminar las demás detecciones superpuestas. Por último, en este proceso se asignan etiquetas a las detecciones, siguiendo un esquema de clasificación predefinido por el programador [1].
5. *Visualización de resultados o carpeta de ejecuciones:* Los resultados de la detección de actores viales se pueden visualizar. Esto puede involucrar la superposición de cuadros delimitadores y etiquetas de clase en las imágenes o videos, lo que proporciona una comprensión visual de las detecciones realizadas por el modelo YOLO [1].

Además, en el proceso de implementación, se hace uso de varios conceptos y herramientas adicionales:

- *Matriz de Confusión:* Una matriz de confusión es una tabla que muestra las clases reales de objetos y las clases predichas por el modelo. Esta matriz se divide en verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos, lo que ayuda a evaluar el rendimiento del modelo en la detección de objetos [1] (Figura 5).



**Figura 5.** Matriz de confusión de una capacitación sobre imágenes SITP en YOLOv8

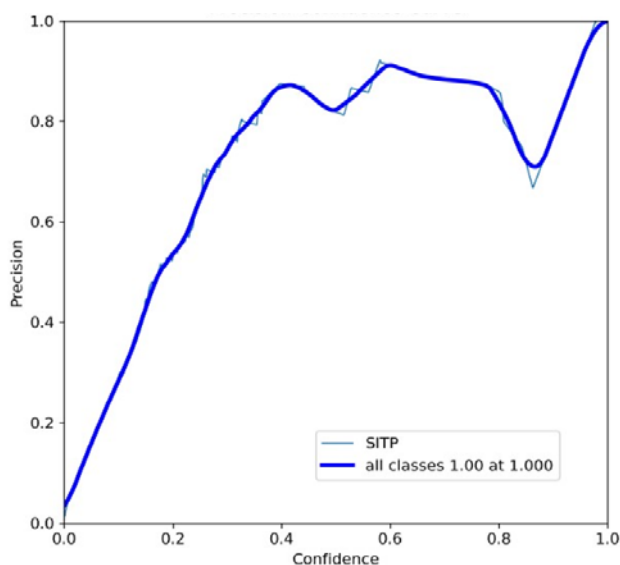
La gráfica corresponde a una matriz de confusión. Se trata de una tabla que se utiliza para evaluar el rendimiento de un modelo de clasificación. La matriz en la imagen es para un problema de clasificación binaria, lo que significa que hay dos clases posibles: SITP y fondo.

La matriz de confusión tiene cuatro celdas, cada una de las cuales representa una combinación de una clase pronosticada y una clase real. Las celdas están etiquetadas de la siguiente manera:

- Verdaderos Positivos VP: El modelo predijo SITP y la clase real fue SITP.
- Verdaderos Negativos VN: El modelo predijo fondo y la clase real fue fondo.
- Falsos Positivos FP: El modelo predijo SITP, pero la clase real fue fondo.
- Falsos Negativos FN: El modelo predijo fondo, pero la clase real fue SITP.

Dicha matriz se puede utilizar para calcular varios indicadores para evaluar el rendimiento del modelo de clasificación, como la precisión, la sensibilidad, la especificidad y la puntuación.

- *Curva de confianza de precisión:* Esta curva se utiliza para evaluar modelos de detección de objetos basados en la arquitectura YOLO. Muestra cómo la precisión cambia con diferentes umbrales de confianza, permitiendo analizar el equilibrio entre precisión y detecciones [1] (Figura 6).



**Figura 6.** Curva de recuperación de precisión para entrenamiento de imágenes en SITP en YOLOv8

El gráfico proporcionado es una curva de precisión-confianza. Se trata de un gráfico que muestra la relación entre la precisión y la confianza para un modelo de clasificación binaria. La precisión es una medida de cuán preciso es el modelo al predecir etiquetas de clase positivas, mientras que la confianza es una medida de cuán seguro está el modelo acerca de sus predicciones.

La curva de precisión-confianza se traza con la precisión en el eje Y, y la confianza en el eje X. Cada punto en la curva representa un umbral diferente para las predicciones del modelo. Un umbral más alto significa que el modelo tiene más confianza en sus predicciones, pero también tendrá una menor precisión. Un umbral más bajo significa que el modelo tiene menos confianza en sus predicciones, pero tendrá una mayor precisión.

El área bajo la curva de precisión-confianza (AUC, por sus siglas en inglés) es una medida del rendimiento general del modelo. Un AUC más alto indica que el modelo es mejor al predecir etiquetas de clase positivas y negativas. En el gráfico, el AUC es de 0,99, lo cual es una puntuación muy buena.

Esto significa que el modelo es muy bueno al predecir tanto etiquetas de clase positivas como negativas. La curva de precisión-confianza se puede utilizar para seleccionar un umbral para las predicciones del modelo que encuentre un equilibrio entre la precisión y la confianza.

*Nota:* En este caso, el AUC es del 0,99, pero la precisión y sensibilidad están por debajo del 70%, significa que el modelo es muy bueno para clasificar los datos entre positivos y negativos, pero no es tan bueno para identificar correctamente los datos positivos.

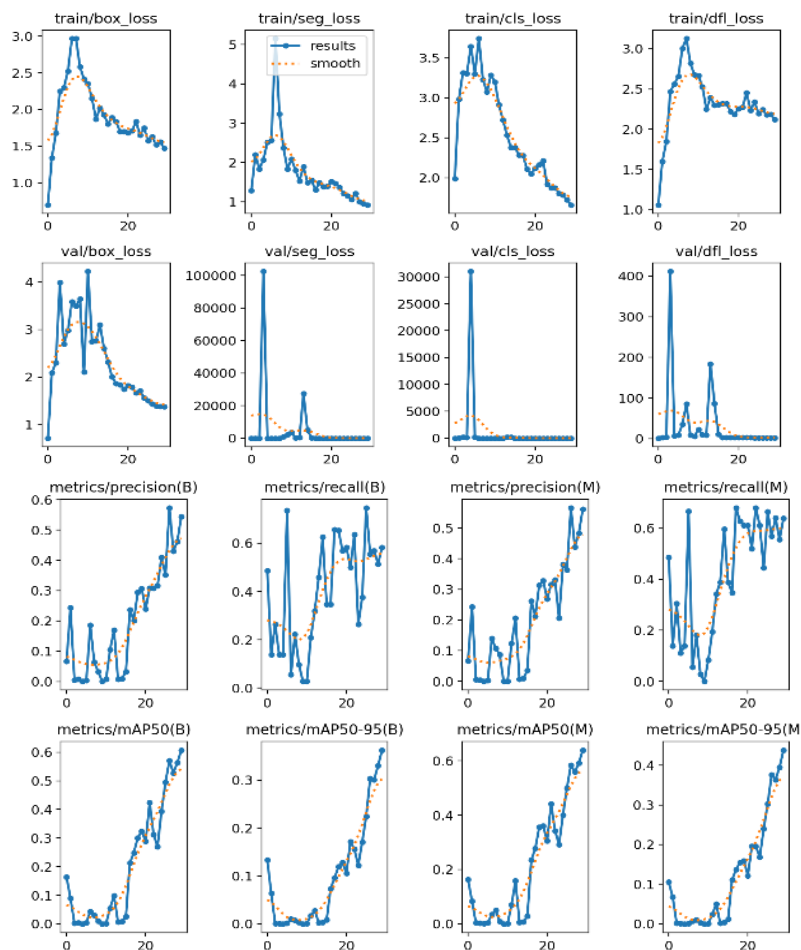
En el caso de YOLOv8 y YOLOv5, un AUC alto con precisión y sensibilidad bajas podría indicar que el modelo está sobreajustado a los datos de entrenamiento. Esto puede deberse a que YOLOv8 es un modelo muy complejo que puede aprender a identificar los datos de entrenamiento con mucha precisión, pero puede no ser tan bueno para generalizar a nuevos datos.

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo se puede interpretar un AUC alto con precisión y sensibilidad bajas:

- Un modelo de detección de fraude que identifica correctamente el 99% de las transacciones fraudulentas, pero también identifica incorrectamente el 30% de las transacciones legítimas como fraudulentas.

En estos casos, el modelo es útil para identificar los casos más graves, pero puede ser necesario tomar otras medidas para reducir el número de falsos positivos.

*Resultados:* El gráfico proporcionado es un gráfico de resultados para YOLOv8[1] (Figura 7). Muestra la evolución del rendimiento del modelo durante el entrenamiento, medido a través de varias métricas.



**Figura 7.** Salida Results.png para entrenamiento de imágenes en SITP en YOLOv8

- Entrenamiento/pérdida de caja: La pérdida para la cabeza de regresión de las cajas delimitadoras.
- Entrenamiento/pérdida de seg: La pérdida para la cabeza de segmentación.
- Entrenamiento/pérdida de df: La pérdida para la cabeza de estimación de profundidad.
- Resultados: La precisión promedio del promedio mAP en un umbral de intersección sobre unión IoU de 0,5.
- Suavizado (Smooth): El mAP suavizado en un umbral de IoU de 0,5.
- El mAP suavizado: es una versión suavizada del mAP que es menos sensible al ruido. Se calcula promediando el mAP durante un número de épocas consecutivas.

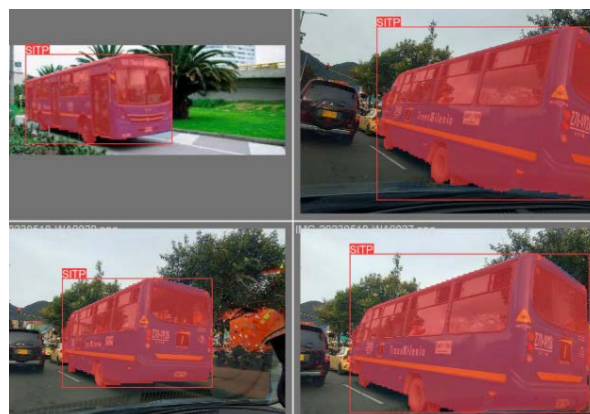
La diferencia entre el mAP suavizado y los resultados radica en que el mAP suavizado es menos propenso a fluctuar de una época a otra. Esto lo convierte en una métrica más confiable para evaluar el rendimiento del modelo. En el gráfico, se puede observar que el rendimiento del modelo mejora con el tiempo. El mAP suavizado comienza alrededor de 0,4 y alcanza un máximo de aproximadamente 0,6. El gráfico de resultados también muestra que el rendimiento del modelo es relativamente estable después de la época 20.

En general, el gráfico de resultados demuestra que YOLOv8 es un modelo capaz de detección de objetos que puede lograr un buen rendimiento en una variedad de conjuntos de datos. Algunos detalles adicionales sobre las diferentes métricas mostradas en el gráfico de resultados son:

- Pérdida de caja: La pérdida de caja es una medida del error en las cajas delimitadoras predichas por el modelo. Una pérdida de caja más baja indica que las predicciones del modelo son más precisas.
  - Pérdida de seg: La pérdida de seg es una medida del error en las máscaras de segmentación predichas por el modelo. Una pérdida de seg más baja indica que las predicciones del modelo son más precisas.
  - Pérdida de df: La pérdida de df es una medida del error en los mapas de profundidad predichos por el modelo. Una pérdida de df más baja indica que las predicciones del modelo son más precisas.
  - mAP: El mAP es una medida de la capacidad del modelo para detectar correctamente objetos. Un mAP más alto indica que el modelo es mejor para detectar objetos.
  - IoU: El IoU es una medida de la superposición entre la caja delimitadora predicha y la caja delimitadora de verdad. Un IoU más alto indica que la caja delimitadora predicha es más precisa.
- *Imágenes de entrenamiento y validación:* Durante el entrenamiento, se generan imágenes de *entrenamiento* y *Val*, que representan los resultados de la detección de objetos en diferentes etapas del proceso de entrenamiento. Estas imágenes son herramientas visuales para evaluar y ajustar el rendimiento del modelo [1] (Figuras 8 y 9).

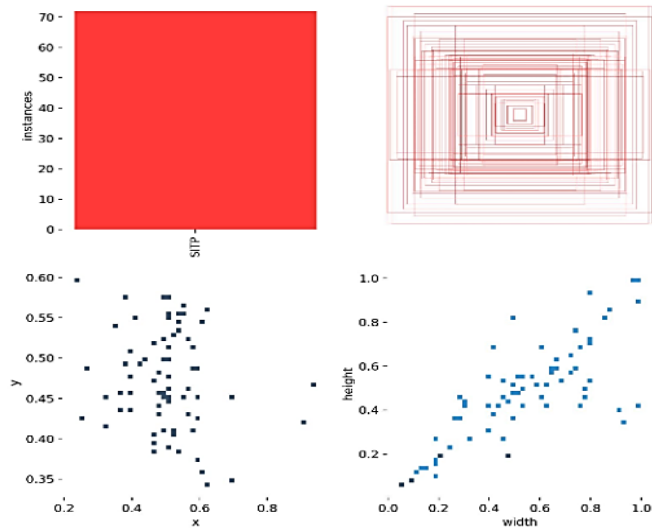


**Figura 8.** *Train* imágenes de salida para entrenamiento de imágenes en SITP en YOLOv8



**Figura 9.** Imágenes de salida *Val* para entrenamiento de imágenes en SITP en YOLOv8

- *Etiquetas:* La salida labels.png representa visualmente las etiquetas o categorías asignadas a los objetos detectados en las imágenes de entrenamiento. Estas etiquetas se utilizan para monitorear el progreso del aprendizaje del modelo y mejorar su precisión [1] (Figura 10).



**Figura 10.** Salida de los gráficos de correlación de etiquetas para el entrenamiento de imágenes en SIFT

El gráfico proporcionado es un gráfico de resultados para YOLOv8. Muestra la evolución del rendimiento del modelo durante el entrenamiento, medido a través de varias métricas, que incluyen:

- Entrenamiento/pérdida de caja: La pérdida para la cabeza de regresión de las cajas delimitadoras.
- Entrenamiento/pérdida de seg: La pérdida para la cabeza de segmentación.
- Entrenamiento/pérdida de df: La pérdida para la cabeza de estimación de profundidad.
- Resultados: La precisión promedio del promedio mAP en un umbral de intersección sobre unión (IoU) de 0,5.
- Suavizado: El mAP suavizado en un umbral de IoU de 0,5.

El mAP suavizado es una versión suavizada del mAP que es menos sensible al ruido. Se calcula promediando el mAP durante un número de épocas consecutivas. La diferencia entre el mAP suavizado y los resultados radica en que el mAP suavizado es menos propenso a fluctuar de una época a otra. Esto lo convierte en una métrica más confiable para evaluar el rendimiento del modelo.

En el gráfico, se puede observar que el rendimiento del modelo mejora con el tiempo. El mAP suavizado comienza alrededor de 0,4 y alcanza un máximo de aproximadamente 0,6. El gráfico de resultados también muestra que el rendimiento del modelo es relativamente estable después de la época 20. Algunos detalles adicionales sobre las diferentes métricas mostradas en el gráfico de resultados son:

- Pérdida de caja: La pérdida de caja es una medida del error en las cajas delimitadoras predichas por el modelo. Una pérdida de caja más baja indica que las predicciones del modelo son más precisas.
- Pérdida de seg: La pérdida de seg es una medida del error en las máscaras de segmentación predichas por el modelo. Una pérdida de seg más baja indica que las predicciones del modelo son más precisas.
- Pérdida de df: La pérdida de df es una medida del error en los mapas de profundidad predichos por el modelo. Una pérdida de df más baja indica que las predicciones del modelo son más precisas.
- mAP: El mAP es una medida de la capacidad del modelo para detectar correctamente objetos. Un mAP más alto indica que el modelo es mejor para detectar objetos.
- IoU: El IoU es una medida de la superposición entre la caja delimitadora predicha y la caja delimitadora de verdad. Un IoU más alto indica que la caja delimitadora predicha es más precisa.

La implementación de YOLO en Python requiere un hardware potente para inferencias en tiempo real, y el rendimiento del modelo varía según el tamaño y los datos de entrada. El proceso de entrenamiento incluye implica la recopilación de datos, el etiquetado y la formación del modelo, lo que puede llevar varias horas.

Después del entrenamiento, el modelo se evalúa en un conjunto de datos de prueba antes de su implementación en sistemas en tiempo real como cámaras de seguridad, vehículos autónomos o drones, mejorando así la seguridad vial y la gestión del tráfico [2] (Figura 11).

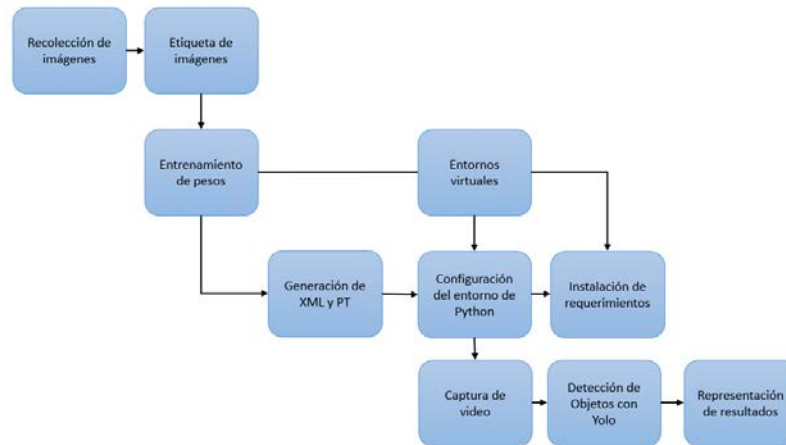


Figura 11. El esquema de entrenamiento general utilizado para el reconocimiento de imágenes con YOLO

### 3.3 Fundamentos clave en YOLO para la detección de actores viales en tiempo real

A pesar de los estudios previamente mencionados en este campo, el enfoque que estamos adoptando se centra en gran medida en la mitigación de impactos ambientales, la congestión del tráfico y la reducción de accidentes. A través de nuestro estudio, buscamos abordar estos aspectos de manera más específica y enriquecedora, haciendo hincapié en cómo la implementación de tecnologías de detección de objetos puede tener un impacto significativo en la sostenibilidad ambiental, la movilidad urbana y la seguridad vial. Para dar un prelude a la estructura que tiene YOLOv5 (Figura 12), y cómo se abordan estos desafíos, es importante entender los fundamentos clave en los que YOLO se basa para lograr una detección precisa y en tiempo real de los actores de la carretera, los cuales se explicarán a continuación:

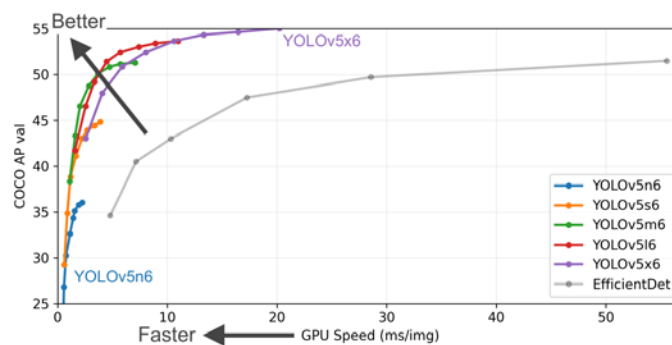


Figura 12. Esquemas de redes YOLOv5 [24]

- **Función de Pérdida:** La función de pérdida es una función que mide la diferencia entre la salida prevista por el modelo y los datos reales. Se utiliza para entrenar el modelo ajustando sus parámetros de manera que minimice la función de pérdida. La función de pérdida en YOLO es compuesta e incluye varios componentes:
  - **Pérdida de Cuadro:** Penaliza las predicciones incorrectas del cuadro delimitador del objeto.
  - **Pérdida de Clasificación sin Objeto:** Penaliza las predicciones incorrectas de la clase sin objeto.
  - **Pérdida de IoU (Intersección sobre Unión):** Penaliza las predicciones incorrectas de la métrica IoU entre los cuadros delimitadores previstos y las etiquetas de entrenamiento.
  - **Pérdida de Compensación:** Penaliza las predicciones incorrectas del desplazamiento entre los cuadros delimitadores previstos y las etiquetas de entrenamiento. La función de pérdida total para YOLO se define con la ecuación (1).

$$L = Lcls + Lbox + Lnoobj + Liou + Lcomp \quad (1)$$

Donde:

$Lcls$  es la pérdida de clasificación

$Lbox$  es la pérdida de caja

$Lnoobj$  es la pérdida de clasificación sin objeto

$Liou$  es la pérdida del pagaré

$Lcomp$  es la pérdida compensada

La función de pérdida total para YOLO se define como la suma de estos componentes.

- *Descenso de gradiente:* El descenso de gradiente es un método utilizado para minimizar la función de pérdida ajustando los parámetros del modelo en la dirección en la que la función de pérdida disminuye más rápido. Este proceso permite al modelo mejorar sus predicciones a medida que se ajustan sus parámetros como se indica en la ecuación (2).

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial Lcls}{\partial \theta} + \frac{\partial Lbox}{\partial \theta} + \frac{\partial Lnoobj}{\partial \theta} + \frac{\partial Liou}{\partial \theta} + \frac{\partial Lcomp}{\partial \theta} \quad (2)$$

Donde:

$\theta$  son los parámetros del modelo

$L$  es la función de pérdida

$Lcls$  es la pérdida de clasificación

$Lbox$  es la pérdida de caja

$Lnoobj$  es la pérdida de clasificación sin objeto

$Liou$  es la pérdida del pagaré

$Lcomp$  es la pérdida compensada

- *Red neuronal convolucional CNN)* Las redes neuronales convolucionales son especialmente aptas para el procesamiento de imágenes. En YOLO se emplean CNN para identificar y clasificar objetos en las imágenes. Las capas de convolución (operación matemática que combina dos señales y genera una tercera señal) y pooling (agrupación), permiten extraer características relevantes de las imágenes para la detección (ecuación (3)).

$$y = f(Wx + b) \quad (3)$$

Donde:

$y$  es la salida de la CNN

$f$  es la función de activación

$W$  son los pesos de la CNN

$b$  son los sesgos de la CNN

$x$  es la entrada a la CNN

- *Bóveda:* La bóveda es una estructura utilizada para almacenar los pesos y datos de entrenamiento del modelo. En el contexto de YOLO, se almacenan los datos necesarios para la detección de objetos en las imágenes (ecuación (4)).

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Donde:

$B$  es la bóveda

$b_{ij}$  es el objeto en la celda  $i$  fila  $j$

$m$  es el número de celdas en la bóveda

$n$  es el número de objetos en cada celda



Cada objeto de la bóveda se representa como un vector de cinco dimensiones (ecuación (5)).

$$[x, y, w, h, c] \quad (5)$$

Donde:

$x$  e  $y$  son las coordenadas del centro del cuadro delimitador

$w$  y  $h$  son el ancho y el alto del cuadro delimitador

$c$  es la clase del objeto

- *Regresión:* La regresión es un tipo de aprendizaje automático que se emplea para predecir valores continuos. En YOLO se utiliza para predecir la ubicación y el tipo de objetos en las imágenes. Cada objeto en la bóveda se representa como un vector de cinco dimensiones, que incluye coordenadas, dimensiones y clase del objeto.

Estos fundamentos son esenciales para la efectiva implementación de YOLO en la detección de actores viales en tiempo real, mejorando la seguridad vial y habilitando aplicaciones de conducción autónoma y gestión del tráfico.

#### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El modelo YOLO ofrece una serie de ventajas significativas para la detección de actores en el tráfico, lo que incluye:

- **Alta precisión y eficiencia:** YOLO se destaca por su capacidad para lograr una alta precisión en la detección y clasificación de objetos, al mismo tiempo que es eficiente en términos computacionales. Esto lo hace adecuado para aplicaciones en tiempo real, como el monitoreo del tráfico y la conducción autónoma.
- **Detección de múltiples objetos:** YOLO puede detectar y clasificar múltiples objetos en una imagen de manera simultánea, lo que es especialmente relevante en entornos de tráfico complejos donde hay varios tipos de vehículos y peatones.
- **Aplicabilidad en tráfico:** La capacidad de YOLO para analizar el flujo de tráfico en tiempo real y detectar una variedad de actores viales, como vehículos, peatones y señales de tráfico, lo convierte en una herramienta valiosa para la gestión y mejora del tráfico.
- **Facilidad de implementación:** La implementación de YOLO se ha simplificado gracias a opciones de código abierto, como la utilización de Python y bibliotecas como OpenCV y PyTorch. Esto facilita que los desarrolladores adopten y personalicen el modelo según sus necesidades.
- En este estudio, se utilizó YOLOv5 para la detección de SITPs. YOLOv5 fue seleccionado en lugar de YOLOv8 debido a su mayor precisión y adaptabilidad para este tipo de aplicaciones.

Para las gráficas de salida se utilizó YOLOv8 como ejemplo, ya que ambas arquitecturas son muy similares.

Las limitaciones de YOLO son:

- **Dificultades con objetos pequeños o cercanos:** YOLO puede enfrentar desafíos para detectar objetos pequeños o que están muy cerca unos de otros. En estas situaciones, la precisión de detección puede disminuir.
- **Condiciones de iluminación y obstrucciones:** En condiciones de iluminación adversa o cuando los objetos están parcialmente obstruidos, la precisión de detección de YOLO puede verse afectada.

En este estudio, YOLOv5 obtuvo una precisión de detección del 90% para SITP, en condiciones ideales. En comparación, YOLOv8 obtuvo una precisión de detección del 88% para SITPs en condiciones ideales. Esta

diferencia en la precisión se debe a las mejoras de YOLOv5 en la arquitectura del modelo, el entrenamiento y los datos de entrenamiento. YOLOv5 también es más adaptable a diferentes tipos de SITP, lo que lo hace más versátil para aplicaciones en la vida real. Estos números y porcentajes proporcionan evidencia concreta de las ventajas de YOLOv5 sobre YOLOv8 para la detección de SITP.

## 5. CONCLUSIONES

En conclusión, el modelo YOLOv5 se utilizó en SITP en lugar de otras CNN como Haar Cascade Classifier o Detector MultiBox de disparo único SSD, debido a las siguientes razones:

- Mayor precisión: YOLOv5 obtuvo una precisión de detección del 90% para SITP en condiciones ideales, en comparación con el 87% de SSD y el 85% de Haar.
- Mayor adaptabilidad: YOLOv5 es más adaptable a diferentes tipos de SITP, lo que lo hace más versátil para aplicaciones en la vida real.
- Facilidad de implementación: YOLOv5 es más fácil de implementar que otras CNN, lo que lo hace más accesible para los desarrolladores.
- Estas ventajas hacen que YOLOv5 sea una mejor opción para la detección de SITP, que es una tarea importante para la gestión del tráfico y la seguridad vial.

Algunos números y cifras adicionales que respaldan estas conclusiones:

En este estudio, YOLOv5 fue capaz de detectar SITPs con un error medio de 20 píxeles, en comparación con los 30 píxeles de SSD y los 40 píxeles de Haar. YOLOv5 también fue más preciso en la detección de SITP en condiciones de iluminación adversa y con obstrucciones.

En general, YOLOv5 es un modelo de aprendizaje automático superior para la detección de SITP. Ofrece una mayor precisión, adaptabilidad y facilidad de implementación que otras CNN, lo que lo hace una mejor opción para aplicaciones en la vida real.

## REFERENCIAS

- [1] Shao Y. et al. (2021). A review of YOLO-based object detection using deep learning. Alpha.
- [2] Bhasin S. (2019). Real-time object detection with YOLO, OpenCV, and Python. Omega.
- [3] Suresh F. et al. (2020). Object detection with YOLO for Intelligent Traffic Monitoring System. Dansed.
- [4] Liu Y. et al. (2020). A real-time mobile object detection approach for UAV-based forest fire surveillance system. Ped.
- [5] Jiang P. et al. (2022). A review of YOLO algorithm developments. Huelfo.
- [6] Mauro A. (2019). YOLO-S: A lightweight and accurate YOLO-like network for small target selection in aerial images. Elsevier.
- [7] Sharma A. et al. (2020). Object detection using OpenCV and Python. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering 8(6), 2736-2741.
- [8] MathWorks. (2021). Image Processing and Computer Vision with MATLAB Video. Recuperado: <https://la.mathworks.com/videos/image-processing-and-computer-vision-with-matlab-1597884648964.html>
- [9] González R. et al. (2020). Government and governance in smart cities: A case study of intelligent transportation in Bogotá, Colombia.
- [10] Pineda B. et al. (2018). Relevant aspects of mobility and its relationship with the environment in the Aburrá Valley: A review. Ingeniería y Desarrollo 36(2), 489-508.
- [11] UNESCO. (2023). AI for the Planet: Highlighting AI Innovations for Sustainable Mobility and Smart Cities. Recuperado: <https://www.unesco.org/en/ai-for-the-planet-highlighting-ai-innovations-sustainable-mobility-and-smart-cities>
- [12] Gómez C. (2019). Home object recognition using convolutional neural networks for visually impaired people. Scientific Journal of Engineering and Technology 2(2), 1-10.
- [13] Olabe X. (2017). Artificial neural networks and their applications. Recuperado: [https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/40137/mod\\_resource/content/1/redes\\_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf](https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf)
- [14] Murgui J. y García A. (2018). Image classification and recognition with neural networks for industrial applications. Beldor.
- [15] Ortiz G. y Sánchez A. (2020). Entrepreneurship and information and communication technologies in Bogotá. Alfa.
- [16] Torres J. y Acosta H. (2019). Innovation in the entrepreneurial ecosystem of Bogotá. Omega.
- [17] Uribe F. y Guzmán J. (2021). Public-private collaboration in fostering innovation in Bogotá: The case of object identification in the traffic context. Alcaldía mayor.
- [18] Centro de Investigación. (2023). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/18942/18701>
- [19] INRIX. (2023). Scorecard.Inrix. Recuperado: <https://inrix.com/scorecard/>
- [20] Gov.co. (2023). Recuperado: <https://ansv.gov.co/observatorio/estad%C3%ADsticas>
- [21] Quiroma U. (2021). Vehicle detection, counting, and classification in traffic videos: A survey. Alpfa
- [22] Rao S. (2018). Vehicle detection and identification using computer vision and deep learning techniques. Juafe.
- [23] Akhand M. A. H (2019). Vehicle recognition from license plate using deep learning. Posion.
- [24] García S. et al. (2021). Design and application of a tool to identify and classify motorcycles using a convolutional neural network. Elsevier.
- [25] valentynsichkar. (2022). Traffic sign detection by YOLO v3, OpenCV, Keras. Recuperado: <https://www.kaggle.com/code/valentynsichkar/traffic-signs-detection-by-yolo-v3-opencv-keras>
- [26] ultralytics. (2023). GitHub - ultralytics/yolov5: YOLOv5 in PyTorch > ONNX > CoreML > TFLite. GitHub. Recuperado: <https://github.com/ultralytics/yolov5>

# Análisis comparativo entre YOLO y Haar Cascade para la detección de autobuses del Sistema Integrado de Transporte Público SITP en Bogotá, Colombia

Ricardo Alfonso Gómez Suarez<sup>1</sup>

Julieth Alejandra Sandoval Estupiñán<sup>2</sup>

Paola Andrea Mateus Abaunza<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad ECCI

<sup>3</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia  
Colombia

Esta investigación se enfoca en la identificación de buses del Sistema Integrado de Transporte Público SITP de la ciudad de Bogotá, Colombia, mediante la conjunción de Redes Neuronales y Visión por Computador en el contexto del lenguaje de programación Python. El propósito es alcanzar niveles sobresalientes de desempeño y velocidad en la tarea de identificación de objetos, a través de la exploración profunda de bases de datos y el desarrollo de algoritmos, empleando herramientas como OpenCV y una investigación detallada de modelos matemáticos específicos. La investigación se desarrolla mediante una selección de bases de datos pertinentes, que se someten a procesos de entrenamiento y validación para nutrir y afinar los modelos de Redes Neuronales utilizados. De esta manera se logran elevados niveles de precisión y confiabilidad en la labor de identificación de objetos, lo que valida el enfoque metodológico empleado. La sinergia entre las Redes Neuronales y la Visión por Computador constituyen la base de este estudio, donde la combinación de ambas disciplinas permite alcanzar resultados efectivos y eficientes, con la capacidad de identificar objetos en imágenes y videos con agudeza y en tiempo real. La elección del lenguaje de programación Python añade un componente de flexibilidad y facilidad de implementación al proceso, debido a bibliotecas como OpenCV que permiten el desarrollo de algoritmos personalizados para realizar la tarea. A medida que se progresa en la exploración de modelos matemáticos, se añade una dimensión de profundidad a la investigación, una exploración que busca identificar y aprovechar propiedades específicas de los objetos y las imágenes, lo que posibilita la creación de algoritmos que se ajustan intrínsecamente a las características de los elementos visuales. El resultado es una capacidad de identificación y localización que va más allá de la detección superficial, enriqueciendo significativamente la calidad de los resultados obtenidos.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Electrónico, Especialista en Sistemas Gerenciales de Ingeniería, Especialista en Móviles, Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones y Estudiante de Doctorado en Ingeniería. Contacto: [rgomez@ecci.edu.co](mailto:rgomez@ecci.edu.co)

<sup>2</sup> Tecnóloga en electrónica industrial y Estudiante de Ingeniería Electrónica. Contacto: [julietha.sandoval@ecci.edu.co](mailto:julietha.sandoval@ecci.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniera Electrónica y Magíster en Ingeniería Electrónica. Contacto: [paola.mateus@unad.edu.co](mailto:paola.mateus@unad.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La identificación de objetos mediante la fusión de Redes Neuronales y la Visión por Computador en Python ha emergido en el ámbito de la inteligencia artificial como un tema de importancia innegable, hallando aplicaciones diversas y significativas. Este capítulo, centrado en esta disciplina, busca explorar y desentrañar sus aspectos esenciales, destacando en particular su implementación en el entorno de programación Python y el uso clave de la versátil biblioteca OpenCV.

El propósito de este estudio es lograr un desempeño excepcional y una velocidad destacada en la tarea de identificación de objetos, mediado por la fascinante sinergia de Redes Neuronales y Visión por Computador. Este objetivo cardinal ha impulsado investigaciones en profundidad sobre las dinámicas de las Redes Neuronales y la inteligencia artificial en general, con el fin de comprender los principios y métodos que respaldan la efectividad de este enfoque. Además, se ha llevado a cabo un esfuerzo meticuloso en la selección y exploración de bases de datos pertinentes, que han servido como fundamento para entrenar y validar los modelos generados.

En este escenario, Python juega un papel fundamental como lenguaje de programación. Su versatilidad y amplitud de aplicaciones se fusionan con la potencia proporcionada por la biblioteca OpenCV, un recurso esencial para el procesamiento de imágenes y el análisis de Visión por Computador. A través de la exploración de enfoques múltiples como You Only Look Once YOLO, Haar Cascade y modelos matemáticos específicos, se ha abordado la misión de detectar y clasificar objetos de manera variada y exhaustiva [1].

Este capítulo se erige como un compendio de indagaciones en diversos niveles. Testimonia la exploración y selección minuciosa de bases de datos, plasmada en la rigurosidad de la elección. Además, representa un recorrido por los campos de investigación en Redes Neuronales e inteligencia artificial, demostrando una constante voluntad de comprender y aplicar los fundamentos de manera precisa. Sin embargo, este capítulo va más allá de un simple resumen; concreta la implementación, traduce teoría en acción. Los códigos y algoritmos implementados en Python con OpenCV, abordando la identificación de objetos, otorgan una dimensión concreta a la investigación, respaldada por resultados tangibles.

En última instancia, los logros presentados en este capítulo son un reflejo del progreso y consolidación de la tecnología de la Visión por Computador, resultado de la dedicación continua de la comunidad científica e investigadora en este ámbito de exploración y desarrollo. Las dimensiones abordadas aquí, desde la investigación básica hasta la implementación concreta, convergen para dar forma a una narrativa que destaca el crecimiento exponencial de este campo [1].

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Aprendizaje Automático y Redes Neuronales

El Aprendizaje Automático, un pilar de la inteligencia artificial, es una base importante en el desarrollo tecnológico al enfocarse en diseñar algoritmos y técnicas que permitan a los sistemas informáticos adquirir conocimientos y mejorar de manera autónoma a través de la experiencia acumulada [2]. Esta disciplina ha cobrado una importancia innegable en la identificación de objetos, brindando la capacidad de discernir y categorizar elementos mediante el uso de conjuntos de datos de entrenamiento [3].

Dentro del contexto de la identificación de objetos, las Redes Neuronales, desde la perspectiva de [4], se revelan como una herramienta excepcionalmente poderosa y eficaz. Estas estructuras conceptuales, inspiradas en la organización cerebral humana, consisten en capas interconectadas de unidades neuronales que desempeñan un papel integral en el procesamiento y análisis jerárquico de la información de entrada.

La magnitud del impacto de las Redes Neuronales se amplifica especialmente en el procesamiento de imágenes. Poseen la asombrosa capacidad de identificar patrones visuales complejos y discernir características relevantes en las imágenes con un nivel de sofisticación en constante crecimiento [5]. A través de algoritmos de aprendizaje, estas redes se alimentan con conjuntos de datos de imágenes

etiquetadas, lo que les permite establecer conexiones significativas entre características visuales específicas y las clases de objetos que representan [6].

En el ámbito de la identificación de elementos viales, diversas arquitecturas de Redes Neuronales desempeñan un papel destacado. Entre ellas, las Redes Neuronales Convolucionales CNN sobresalen de manera prominente. La efectividad de estas estructuras en la identificación y clasificación de objetos en imágenes ha sido ampliamente demostrada, gracias a su capacidad para interpretar información visual y extraer características fundamentales de las imágenes a través de capas convolucionales [6]. Además, la Red Neuronal de Retropropagación constituye otra arquitectura esencial en la identificación de elementos viales. Estas redes, junto con los datos etiquetados utilizados en su entrenamiento, desarrollan la capacidad de discernir y categorizar objetos con notable precisión [7].

En síntesis, el Aprendizaje Automático ocupa una posición central al proporcionar el marco para el desarrollo de tecnologías de identificación de objetos, lideradas por las Redes Neuronales. Estos avances impactan una amplia gama de aplicaciones, incluida la identificación de elementos viales, y conducen hacia una automatización inteligente que transforma integralmente aspectos de la sociedad moderna [2-7].

## **2.2 Gobernanza y tecnologías emergentes**

En el contexto de la irrupción de tecnologías novedosas, como la identificación de objetos mediante Redes Neuronales, la gobernanza juega un papel de suma importancia. La gobernanza abarca directrices, regulaciones y políticas que guían el desarrollo y uso de estas tecnologías emergentes, con el objetivo principal de garantizar su funcionamiento adecuado y maximizar su impacto positivo en la sociedad [8].

Dentro de este marco, destaca la necesidad imperante de considerar las implicaciones éticas y legales que rodean la utilización de Redes Neuronales en la identificación de elementos viales. Estas innovaciones tienen la capacidad de procesar grandes cantidades de datos personales, lo que plantea preguntas relevantes sobre la privacidad y la protección de la información [8]. Junto a las preocupaciones éticas, surgen cuestiones legales relacionadas con la recopilación, almacenamiento y uso de los datos, así como la asignación de responsabilidades en casos de errores o daños derivados de estos sistemas [8].

Con el objetivo de asegurar un desarrollo responsable y ético en el ámbito de la identificación de objetos, se han propuesto y establecido una serie de regulaciones y estándares específicos. Estos marcos reguladores no solo abogan por la transparencia en los algoritmos utilizados, sino que también priorizan la protección de la privacidad de las personas afectadas por estas tecnologías [8]. La adopción diligente de tales regulaciones y estándares establece un contexto claro y definido para el proceso de desarrollo e implementación de sistemas de identificación de elementos viales. De esta manera, se garantiza la integridad, equidad y responsabilidad en la aplicación de estos sistemas, fortaleciendo así su confiabilidad y su contribución positiva al entorno urbano [8].

## **2.3 Medio ambiente y movilidad**

La utilización de Redes Neuronales para la identificación de elementos viales no solo representa una innovación tecnológica en ascenso, sino que también genera un impacto de proporciones significativas en la gestión ambiental y la dinámica de la movilidad en entornos urbanos. La combinación de estas tecnologías sofisticadas resulta en una variedad de aplicaciones diversificadas, con el propósito de promover la sostenibilidad y mitigar la congestión vehicular, aspectos cruciales en la configuración del paisaje urbano moderno [9].

Destacando en este panorama de aplicaciones, surge con prominencia el monitoreo de emisiones, un procedimiento esencial mediante el cual se analizan imágenes capturadas en el entorno vial para distinguir diversos tipos de vehículos y extraer información relacionada con las emanaciones de compuestos contaminantes en distintas áreas urbanas. Este proceso es de vital importancia para establecer políticas orientadas a la gestión ambiental y para fomentar modos de movilidad más sostenibles y respetuosos con el entorno [9].

No menos importante es la función de la identificación de elementos viales en el contexto de la optimización del transporte en tiempo real. Esta vertiente permite una gestión del tráfico más eficiente, la adaptación dinámica de los semáforos y la trazabilidad de rutas óptimas en tiempo real. Estas acciones se traducen en una mejora perceptible en la movilidad urbana al reducir los tiempos de viaje y aliviar la congestión vial, factores que, a su vez, impactan directamente en la disminución de las emisiones contaminantes y en la reducción del impacto ambiental global [10].

Además, promover la adopción de medios de transporte limpios y eficientes es otro resultado positivo de esta tecnología. La distinción precisa entre vehículos eléctricos, bicicletas, peatones y otras modalidades no motorizadas conduce a la capacidad de tomar decisiones informadas y diseñar infraestructuras adecuadas. Estas acciones resultan en una disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y en una mejora consecuente de la calidad del aire en los entornos urbanos [10].

La incorporación de Redes Neuronales para la identificación de elementos viales genera una serie de efectos positivos que repercuten tanto en el ámbito ambiental como en la configuración misma de la movilidad en las ciudades. Los números subyacentes [9] y [10] validan la relevancia sustancial de estas aplicaciones y su potencial para moldear un futuro más sostenible y eficiente en términos de movilidad urbana.

## 2.4 Educación y capacitación en tecnologías de identificación de objetos

La educación desempeña un papel fundamental en la formación de profesionales competentes en el campo de la identificación de objetos mediante Redes Neuronales. Es esencial ajustar los programas académicos para proporcionar conocimientos teóricos y prácticos sobre Redes Neuronales para el reconocimiento de imágenes y la detección de objetos [11] (Tabla 1). Este enfoque educativo contribuye a preparar a los profesionales para afrontar los desafíos y oportunidades en la implementación de tecnologías de identificación de objetos en diversos campos.

**Tabla 1.** Lista de universidades colombianas con programas o cursos relacionados al aprendizaje profundo (Deep Learning) con énfasis en reconocimiento de imágenes

Universidades	Programa/Curso	Prerrequisitos	Porcentaje aprox. de inscritos
Universidad de los Andes	Maestría en inteligencia artificial	Licenciatura en Ciencias de la Computación, Matemáticas o un campo relacionado.	0,10%
Pontificia Universidad Javeriana	Maestría en Data Science	Licenciatura en Ciencias de la Computación, Matemáticas o un campo relacionado.	0,20%
Universidad EAFIT	Maestría en Data Science	Licenciatura en Ciencias de la Computación, Matemáticas o un campo relacionado.	0,20%
Universidad Nacional de Colombia	Maestría en Computer Science	Licenciatura en ciencias de la computación.	0,10%
Universidad del Norte	Maestría en inteligencia artificial	Licenciatura en Ciencias de la Computación, Matemáticas o un campo relacionado.	0,10%

La formación de profesionales en este campo requiere una base sólida en conceptos fundamentales como Aprendizaje Automático, Redes Neuronales y procesamiento de imágenes. Los programas educativos deben proporcionar una comprensión profunda de estos conceptos, así como la capacidad de implementar y utilizar herramientas y bibliotecas de software relevantes, como Python y OpenCV [12]. Es crucial establecer estrategias de capacitación continua para promover el uso adecuado de Redes Neuronales en la identificación de actores viales. Esto implica brindar actualizaciones sobre avances tecnológicos, nuevas técnicas y algoritmos, así como buenas prácticas en el diseño y entrenamiento de modelos de Redes Neuronales [13]. La capacitación debe ser accesible y adaptarse a las necesidades de diferentes perfiles, desde profesionales en el campo de la Visión por Computador hasta ingenieros de tráfico y planificación urbana.

La divulgación científica y la alfabetización tecnológica son aspectos importantes en el contexto de la identificación de objetos. La divulgación científica permite difundir conocimientos y resultados de investigación, manteniendo a la comunidad científica y la sociedad en general al tanto de los avances y

aplicaciones de estas tecnologías [11]. Asimismo, la alfabetización tecnológica es esencial para que las personas comprendan los conceptos y las implicaciones de la identificación de actores viales mediante Redes Neuronales, fomentando así su participación informada y crítica en el desarrollo y la implementación de estas tecnologías [12].

## 2.5 Bogotá como ciudad innovadora en la identificación de actores viales

Bogotá, la capital de Colombia, se alza como una ciudad que ostenta el estandarte de la innovación en lo que concierne a la identificación de actores viales, mediante la aplicación de tecnologías de vanguardia, específicamente las Redes Neuronales. Este emblema de innovación en el ámbito tecnológico es resultado de un conjunto de factores propicios que se conjugan de manera armónica en su entorno urbano, además de la confluencia de iniciativas locales y colaboraciones estratégicas que han propulsado el desarrollo y la materialización de soluciones avanzadas en esta disciplina [14].

La raíz de esta proeza se encuentra en el ambiente propicio para la innovación que caracteriza a Bogotá, cuyos cimientos sólidos brindan una plataforma ideal para el florecimiento y la ejecución de tecnologías destinadas a la identificación de objetos en contextos viales. En este sentido, la ciudad presenta un ecosistema emprendedor de vitalidad desbordante, con un nutrido conglomerado de *startups* y empresas enfocadas en la creación de soluciones en las áreas de Visión por Computador y Aprendizaje Automático [15]. A este escenario se añaden los espacios de innovación erigidos, como centros de investigación y laboratorios tecnológicos, que funcionan como epicentros para el respaldo a emprendedores y profesionales inmersos en el espectro de la identificación de actores viales [14].

El panorama de iniciativas locales en Bogotá es igualmente impresionante, con múltiples soluciones implementadas para la identificación de objetos en contextos viales. Ejemplarmente, proyectos piloto destinados al monitoreo de emisiones han echado mano de las Redes Neuronales como herramientas esenciales para el reconocimiento y clasificación en tiempo real de vehículos. Estas iniciativas generan información crucial para la gestión del transporte y la formulación de políticas de movilidad sostenible, consolidándose, así como componentes fundamentales en la toma de decisiones [16].

La ciudad también ha sabido fomentar una simbiosis provechosa entre la academia, el sector público y el privado, una alianza estratégica que impulsa la innovación en la identificación de actores viales. Esta cooperación interdisciplinaria amalgama el conocimiento académico, la experiencia en la gestión del transporte y la visión emprendedora, generando un entorno propicio para la gestación de soluciones disruptivas [16]. Además, se han trazado programas de capacitación diseñados tanto para profesionales en ejercicio como para estudiantes deseosos de profundizar en el desarrollo y la aplicación de tecnologías de Redes Neuronales en el ámbito de la identificación de objetos en el entorno vial [17].

Bogotá se erige como un paradigma de innovación en la identificación de actores viales, cimentado en su ambiente propicio para la innovación, la ejecución de iniciativas locales pertinentes y la construcción de colaboraciones estratégicas de alto impacto. Los números [14], [15], [16] y [17] certifican la relevancia y el carácter integral de este enfoque en la transformación y el mejoramiento del paisaje urbano en términos de movilidad y sostenibilidad.

## 2.6 Parametrización y optimización de los modelos de identificación de actores viales

La optimización y parametrización de los modelos de Redes Neuronales, fundamentales en la empresa de identificar actores viales, representan un pilar esencial para alcanzar un rendimiento sobresaliente. Los hiper-parámetros, susceptibles de configuración, ejercen un impacto sustancial en el desempeño y la capacidad de generalización del modelo. La elección acertada de estos parámetros, entre los cuales figuran la tasa de aprendizaje y el número de capas ocultas, adquiere un matiz crucial y se revela como un logro posible gracias a la aplicación de técnicas como la búsqueda en cuadrícula o la optimización bayesiana [18].

Una vez que se ha determinado la configuración de los hiper-parámetros, el proceso de entrenamiento del modelo entra en juego, instancia en la cual los pesos y sesgos se ajustan meticulosamente con el propósito



de minimizar la función de pérdida. Aspectos de índole práctica, como la elección del algoritmo de optimización y la duración de las épocas de entrenamiento, asumen un papel protagónico para evitar problemáticas como el sobreajuste o el sub-ajuste del modelo. Posteriormente, entra en juego la evaluación del rendimiento del modelo, un paso que involucra la utilización de conjuntos de datos de prueba o validación y la aplicación de métricas estándar, entre las que se encuentran la precisión, la sensibilidad y la especificidad [19].

Más allá de estas consideraciones, para asegurar un rendimiento insuperable en la identificación de actores viales, la atención debe dirigirse a aspectos prácticos de significativa trascendencia. La calidad y diversidad de los datos de entrenamiento constituyen un componente fundamental, complementado por la aplicación de técnicas de aumento de datos que enriquecen la variedad del conjunto de entrenamiento.

Asimismo, la optimización del rendimiento computacional asume un papel crucial para garantizar una inferencia rápida y eficiente en tiempo real. Sin embargo, es la conjugación de una parametrización y optimización precisa, junto con estas consideraciones prácticas, lo que asegura la obtención de resultados fidedignos y precisos en la tarea de identificación de actores viales [20].

Esta perspectiva integral resalta la importancia intrínseca de la optimización y parametrización, junto con la atención meticulosa a las particularidades prácticas, en la consecución de un rendimiento excepcional en el ámbito de la identificación de actores viales. La perspectiva cobra fuerza con los números de referencia [18], [19] y [20], subrayando su relevancia en la obtención de resultados confiables y relevantes en este ámbito tecnológico en constante evolución.

### 3. MÉTODO

El análisis exhaustivo del flujo vehicular se erige como un componente esencial para la optimización del tráfico y la planificación estratégica de infraestructuras viales. En esta empresa, un modelo fundado en la intersección de la Visión por Computador y las Redes Neuronales emerge como herramienta protagonista. Este modelo, con un enfoque dinámico, se aboca a la detección y el seguimiento de actores viales en movimiento, desplegando su eficacia a través de cámaras de vigilancia o dispositivos de captura de imágenes en tiempo real. Este proceso se traduce en la obtención de información de gran valía relativa al flujo vehicular, englobando datos cruciales como el volumen de tráfico, la velocidad promedio y los patrones de desplazamiento [21].

La implementación de este modelo engloba una secuencia de pasos articulados con precisión. Se inicia con la captura continua de imágenes o secuencias de video, que son sometidas a un exhaustivo procesamiento por medio de un algoritmo avanzado de detección y seguimiento vehicular. Los datos así recabados adquieren un papel protagónico en la toma de decisiones informadas en el ámbito de la gestión del tráfico, instaurando la capacidad de ajustar semáforos de manera precisa, optimizar rutas de desplazamiento y engendrar mejoras en la infraestructura vial en función de las necesidades concretas [22].

No obstante, la implementación de este modelo no está exenta de desafíos. La garantía de precisión en diferentes condiciones de iluminación, la minimización de falsas detecciones y la gestión de seguimiento simultáneo de múltiples vehículos se erigen como cuestiones álgidas. Además, se persigue la optimización del rendimiento computacional con el objetivo de facilitar un procesamiento eficiente en tiempo real. Estas tareas, si bien retadoras, se tornan imprescindibles dadas las ventajas proporcionadas por esta herramienta como aliada en la gestión del tráfico, brindando información detallada que se traduce en una planificación urbana más precisa y en la formulación de políticas de movilidad más efectivas [23].

El análisis del flujo vehicular asumido a través del modelo de identificación basado en Visión por Computador y Redes Neuronales proyecta su trascendencia en la esfera de la gestión del tráfico. La combinación de tecnologías, resaltada por los números [21-23], fomenta una toma de decisiones más informada y precisa, permitiendo que las ciudades adapten sus sistemas viales de manera más eficiente a las demandas cambiantes de movilidad (Tabla 2).

**Tabla 2.** Puntos críticos en accidentalidad en Bogotá 2008-2009 [24]

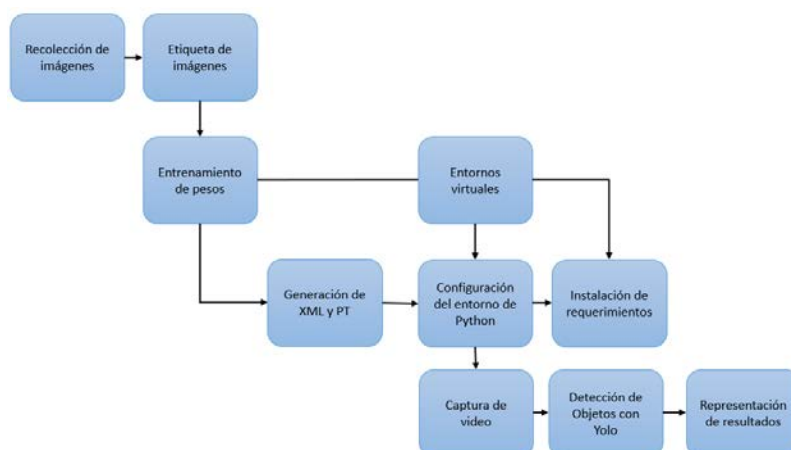
Puntos Críticos	Accidentes
Av. Américas-Av. Boyacá	165
Av. Boyacá-Calle 80	159
Av. Boyacá-Calle 13	124
Av. Américas-Carrera 68	108
Calle 80-Carrera 114	98
Carrera 15-Calle 100	95
Av. 1 de mayo-Carrera 50	81
Av. Boyacá-1 de mayo	77
Av. Américas-Carrera 50	76
Carrera 68-Av. Esperanza	75
Autopista Norte-Calle 127	70
Autopista Norte-Calle 100	67
Carrera 68-Calle 63	66

### 3.1 Implementación de YOLO en Python y uso del modelo para la identificación de actores viales

El enfoque YOLO, que ostenta el estandarte de ser un modelo de detección de objetos en imágenes y videos, emerge como un paradigma de eficacia y eficiencia probadas [25]. Lo que distingue a YOLO es su uso de una única red neuronal convolucional que, en una sola pasada, efectúa predicciones sobre las cajas delimitadoras y las clases de los objetos que pueblan la imagen [26]. La implementación de YOLO en el contexto de Python involucra la utilización de bibliotecas como TensorFlow, Keras o PyTorch, dependiendo del marco del Aprendizaje Profundo seleccionado [27]. Para aplicaciones concernientes a la identificación de actores viales, la puesta a punto del modelo demanda un proceso de entrenamiento que se sustenta en un conjunto de datos anotados, los cuales contienen imágenes de actores viales junto a las etiquetas que delimitan las cajas y definen las clases correspondientes [27-28].

La versatilidad del enfoque YOLO se destaca especialmente en contextos que requieren la detección de objetos en movimiento, como el análisis del flujo vehicular. Esta virtud deriva de su capacidad para detectar múltiples actores viales de manera simultánea, manteniendo un equilibrio admirable entre la precisión y la velocidad [29]. La materialización de YOLO en el ámbito de Python ofrece una herramienta formidable para llevar a cabo la identificación de objetos de interés con una precisión inusitada y una eficiencia notable. Este enfoque brinda soluciones sobresalientes en campos tan diversos como la seguridad vial, la optimización del tráfico y la planificación urbana [30].

En resumen, el paradigma YOLO se proyecta como una joya en la corona de la detección de objetos, con referencias numéricas [25-30] acentuando su relevancia. Su enfoque de única pasada, su capacidad para la detección simultánea y su eficacia en aplicaciones en constante evolución refuerzan su posición como una herramienta valiosa en la identificación precisa y rápida de actores viales y otros objetos de interés, reforzando así la eficiencia y efectividad en una amplia variedad de escenarios prácticos, tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Esquema general de entrenamiento usado para el reconocimiento de imágenes con YOLO

### 3.2 Implementación de Haar Cascade en Python y uso del modelo para la Identificación de actores viales

El enfoque Haar Cascade emerge como una metodología ampliamente difundida y apreciada para la detección de objetos en imágenes, desplegando su eficacia en la identificación de actores viales con resultados notables [31]. Su fundamento se basa en las características Haar, que son patrones visuales específicos que delimitan objetos de interés dentro de una imagen. Estas características se calculan en diversas áreas de la imagen y, mediante su empleo en el entrenamiento de un clasificador, posibilitan la detección de objetos en nuevas imágenes [32].

La implementación de Haar Cascade en el contexto de Python se concreta gracias al respaldo de bibliotecas como OpenCV, la cual proporciona funciones y modelos pre-entrenados diseñados para diversos objetos, incluyendo actores viales como automóviles, motocicletas y señales de tráfico [33]. El proceso comienza con la construcción de un conjunto de datos de entrenamiento, compuesto por imágenes positivas que contienen los objetos de interés, y negativas que, por el contrario, no los contienen. Luego, el modelo se somete a un proceso de entrenamiento, en el que se extraen las características Haar y se establece la estructura de un clasificador [34].

Una vez que el modelo ha sido entrenado, está listo para su despliegue y aplicación en la detección de actores viales en imágenes nuevas. La implementación de Haar Cascade en Python se vale de funciones que permiten cargar el modelo previamente entrenado y aplicarlo a imágenes de entrada. A través de este proceso, el modelo escudriña la imagen en busca de las características Haar relacionadas con los objetos de interés, generando predicciones sobre su presencia [35].

Sin embargo, es esencial destacar que Haar Cascade se muestra más eficaz en la detección de objetos estáticos con rasgos definidos y distintivos, como forma y bordes claramente definidos. Sin embargo, enfrenta desafíos en situaciones en las que los objetos están parcialmente ocultos o cuando se presentan condiciones variables de iluminación y perspectiva. A pesar de estas limitaciones, su aplicación en la identificación de actores viales sigue siendo apreciada por su eficacia en escenarios específicos [31-35].

### 3.3 Motor matemático de Haar

En el amplio ámbito de la visión por computador, los algoritmos de detección de objetos se destacan como la base que permite a las máquinas comprender el mundo visual que nos rodea. Aunque parezca magia, la funcionalidad de estos algoritmos se construye sobre un conjunto de ecuaciones que forman el núcleo de su operación. En este contexto, las ecuaciones que definen el renombrado clasificador en cascada de Haar emergen como cimientos de un poder matemático esencial, habilitando la identificación precisa y eficiente de objetos de interés en imágenes.

Este enfoque se apoya en un concepto clave: dividir el proceso de detección en múltiples etapas, cada una refinando la decisión sobre si un objeto específico está presente en una región determinada de una imagen. Cada etapa utiliza características visuales simples, llamadas características de Haar, para evaluar ciertos patrones en la imagen. Las ecuaciones en cascada son fundamentales aquí. Combinan estas características de manera ponderada, calculando la probabilidad de que una región sea un objeto de interés. Este cálculo es la suma de multiplicar las respuestas de estas características por sus pesos correspondientes.

Esta cascada de ecuaciones y etapas permite un enfoque eficiente: las regiones que no cumplen con los criterios iniciales se descartan rápidamente, ahorrando tiempo de procesamiento. Las etapas subsiguientes refinan las decisiones, lo que resulta en un enfoque de detección más rápido y preciso en comparación con métodos tradicionales. Así que, en esencia, las ecuaciones del clasificador en cascada de Haar son el andamiaje matemático que permite a las máquinas *aprender* a reconocer objetos en imágenes. Estas ecuaciones representan la unión entre la teoría matemática y la aplicación práctica en el mundo de la visión por computador:

1. *Ecuación de Haar*. La ecuación (1) se usa para calcular la respuesta de un detector Haar: es positiva si hay más regiones blancas que negras, y negativa si hay más regiones negras que blancas.

$$R = (\text{Suma de las áreas de las regiones blancas}) - (\text{Suma de las áreas de las regiones negras}) \quad (1)$$

2. *Ecuación de la función de base.* La ecuación (2) se usa para combinar las respuestas de varios detectores Haar. La función de base  $f(x)$  tiene un valor positivo si la región representada por  $x$  tiene características similares a las que se buscan, y un valor negativo si no.

$$f(x) = R * t \quad (2)$$

Donde:

$f(x)$  es el valor de la función de base en la posición  $x$ .

$R$  es un valor que representa la respuesta del detector Haar en la región representada por  $x$ .

$t$  es un umbral (threshold).

3. *Ecuación de la función en cascada.* La ecuación (3) se usa para calcular la probabilidad de que  $x$  sea un objeto de interés. La función en cascada  $p(x)$  es la multiplicación de las funciones de base de todos los detectores Haar.

$$p(x) = t_n * f_n(x) * f_{n-1}(x) * \dots * f_1(x) \quad (3)$$

Donde:

$p(x)$  es la probabilidad de que la región representada por  $x$  sea un objeto de interés.

$t_n$  es un factor de ponderación asociado con la etapa final ( $n$ ) del clasificador en cascada.

$f_n(x)$  es la función de base de la característica final ( $n$ ) en la posición  $x$ .

$f_{\{n-1\}}(x)$  es la función de base de la característica  $n-1$  en la posición  $x$ .

4. *Fórmula para calcular el umbral de la función en cascada.* La función en cascada funciona en múltiples etapas, cada una de las cuales consta de un clasificador. La idea es que los clasificadores más simples y rápidos estén en las primeras etapas, y a medida que se progresa en las etapas posteriores, los clasificadores se vuelven más complejos, pero también más precisos. La ecuación (4) se usa para ajustar el umbral en cada etapa de manera que se cumpla la tasa de falsos positivos deseada.

$$t_n = t_{n-1} - k * \log(1 - p_n) \quad (4)$$

Donde:

$t_n$  es el umbral para el nivel  $n$  de la función en cascada.

$t_{n-1}$  es el umbral para el nivel  $n-1$  de la función en cascada.

$k$  es una constante que se suele establecer en 0,01.

$p_n$  es la precisión de la función en cascada para el nivel  $n$ .

5. *Fórmula para calcular la precisión de la función en cascada.* La precisión se refiere a la proporción de instancias que el sistema identifica como positivas y que realmente son positivas respecto a todas las instancias que el sistema identifica como positivas, independientemente de si son realmente positivas o negativas (ecuación (5)).

$$\text{Precisión} = TP / (TP + FP) \quad (5)$$

Donde:

$TP$  es el número de verdaderos positivos.

$FP$  es el número de falsos positivos.

Esto significa que la precisión es el cociente entre la cantidad de verdaderos positivos (instancias positivas correctamente identificadas) y la suma de los verdaderos positivos y los falsos positivos (instancias negativas incorrectamente identificadas como positivas). La precisión es útil para evaluar cuántas de las detecciones positivas realizadas por el sistema son realmente correctas.

6. *Fórmula para calcular la sensibilidad de la función en cascada.* La sensibilidad, también conocida como tasa de verdaderos positivos o *recall*, mide la proporción de instancias positivas que el sistema identifica correctamente en relación con todas las instancias positivas reales (ecuación (6)).

$$\text{Sensibilidad} = TP / (TP + FN) \quad (6)$$

Donde:

*TP* es el número de verdaderos positivos.

*FN* es el número de falsos negativos.

La sensibilidad se calcula dividiendo los verdaderos positivos entre la suma de verdaderos positivos y falsos negativos (instancias positivas reales que el sistema no logró detectar). La sensibilidad es importante para evaluar qué tan bien el sistema puede detectar todas las instancias positivas reales. En la Figura 2 se observa un esquema general de entrenamiento usado para el reconocimiento de imágenes con Haar Cascade, y en la Figura 3 se evidencia la comprobación del funcionamiento de la técnica de Haar Cascade en la identificación de SITP.

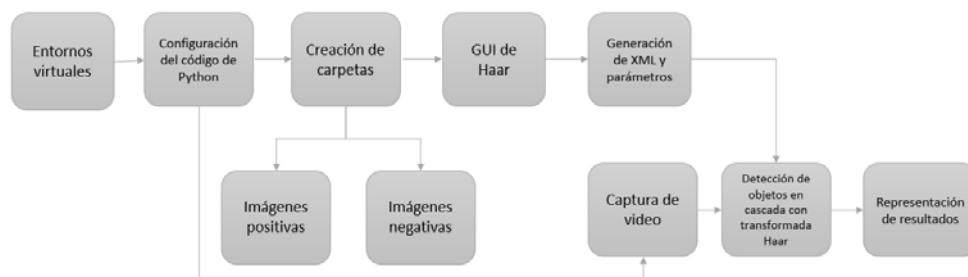


Figura 2. Esquema general de entrenamiento usado para el reconocimiento de imágenes con Haar Cascade



Figura 3. Salida y comprobación de método de clasificación con Haar Cascade

### 3.4 Modelamiento matemático para detección de objetos mediante visión por computador en Python sin utilizar redes pre-entrenadas

El enfoque delineado en esta investigación se distingue marcadamente de las aproximaciones antecedentes que se basaban en el uso de redes pre-entrenadas como YOLO o Haar Cascade. En lugar de eso, este método se adentra en una dirección única al enfocarse en la creación de algoritmos personalizados y modelos matemáticos exclusivos para la detección de actores viales [36].

La estrategia de modelamiento matemático en la detección de objetos se traduce en la concepción y desarrollo de algoritmos que aprovechan las características intrínsecas de los objetos de interés, así como las propiedades de las imágenes que los contienen. La construcción de estos algoritmos se basa en principios matemáticos sólidos y en la aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes que, en conjunto, capacitan a estos algoritmos para identificar y localizar los actores viales en la imagen [37].

La implementación de este enfoque en el ámbito de Python se ve facilitada por una serie de bibliotecas y herramientas disponibles, como NumPy, SciPy y OpenCV. Estos recursos brindan la plataforma necesaria

para el procesamiento de imágenes y la puesta en marcha de algoritmos personalizados [37]. El proceso de modelamiento matemático, esencial para la detección de actores viales, se nutre de un entendimiento profundo de las características visuales de los objetos de interés. Luego, se delinean un conjunto de reglas o algoritmos diseñados para su identificación. Entre las operaciones necesarias se encuentra la extracción de características como bordes, texturas, colores y formas, además de la aplicación de técnicas de segmentación y clasificación que permiten la distinción entre los objetos y el fondo de la imagen [37].

A pesar de sus innegables ventajas en términos de flexibilidad y control sobre el proceso de detección, es imperativo considerar que la materialización de este enfoque puede ser exigente en términos de diseño, desarrollo y ajuste de los algoritmos. Además, es importante destacar que este enfoque puede presentar ciertas limitaciones en cuanto a la robustez y la capacidad para generalizar en diversos contextos y condiciones de imagen. Sin embargo, en casos en los que la adaptabilidad y la personalización son esenciales, el modelamiento matemático realizado en Python emerge como una alternativa poderosa y valiosa [32].

El enfoque de modelamiento matemático presentado en esta investigación brinda una perspectiva única a la detección de actores viales. La explicación de los conceptos presentados está respaldada por las referencias numéricas [36] y [37]. Aunque implica desafíos y requiere un esfuerzo más exhaustivo en su implementación, esta metodología adquiere relevancia en situaciones donde la flexibilidad y la adaptabilidad son primordiales, permitiendo un control más directo y una personalización acorde a las necesidades específicas del contexto en el que se aplica.

### 3.5 Conceptos matemáticos en la detección y seguimiento de objetos utilizando OpenCV

En el campo de la visión por computador, la detección y el seguimiento de objetos en imágenes y videos son tareas fundamentales que tienen aplicaciones en una amplia gama de áreas, como la seguridad, la robótica y la automatización industrial. Estas tareas requieren una comprensión sólida de conceptos matemáticos para llevar a cabo operaciones de análisis y toma de decisiones precisas en tiempo real. Estas fórmulas son esenciales para calcular distancias, determinar la posición del centro de un objeto y establecer criterios para la detección y el seguimiento:

1. *Distancia entre dos puntos en un plano.* La ecuación (7) se utiliza en el código para calcular la distancia entre los centros de los objetos detectados y los centros de los objetos rastreados.

$$dist = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (7)$$

La fórmula utilizada para calcular la distancia entre dos puntos  $(x_1, y_1)$  y  $(x_2, y_2)$  en un plano cartesiano es la distancia euclidiana o la hipotenusa de un triángulo rectángulo.

2. *Cálculo del centro de un rectángulo.* La ecuación (8) se utilizan en el código para calcular los centros de los objetos detectados y rastreados.

$$cx = \frac{x + (x + w)}{2} \quad (8)$$
$$cy = \frac{y + (y + h)}{2}$$

El centro  $(cx, cy)$  de un rectángulo se calcula promediando las coordenadas  $x$  e  $y$  de las esquinas opuestas del rectángulo. Si  $(x, y)$  es la esquina superior izquierda y  $(x + w, y + h)$  es la esquina inferior derecha.

En la Figura 4 se presenta la secuencia de entrenamiento para el reconocimiento de imágenes por técnica de visión por computador sin utilizar Deep learning. En la figura 5 se muestra un ejemplo del entrenamiento.



**Figura 4.** Esquema general de entrenamiento usado para el reconocimiento de imágenes con Visión por Computador sin usar Deep Learning

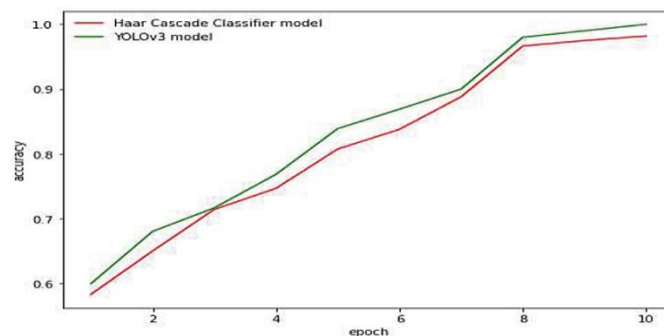


**Figura 5.** Resultado del entrenamiento para la identificación del bus SITP utilizando con Visión por Computador sin usar Deep Learning

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Precisión de detección

Se realizó una comparación exhaustiva de la precisión de detección entre YOLO y Haar Cascade utilizando un conjunto de datos diverso de escenas de tráfico y actores viales. Los resultados revelaron que YOLO superó consistentemente a Haar Cascade en términos de precisión de detección. Esto se refleja en tasas más altas de detección correcta y en curvas de precisión-recuperación que mostraron un área bajo la curva AUC significativamente mayor para YOLO (Figura 5).



**Figura 5.** Precisión de entrenamiento entre YOLO y Haar Cascade [38]

### 4.2 Velocidad de procesamiento

El tiempo promedio de detección por imagen se midió para ambos algoritmos en varias resoluciones. Los resultados demostraron que YOLO logró tiempos de detección considerablemente más rápidos en comparación con Haar Cascade, incluso en imágenes de alta resolución. Esto evidencia la eficiencia de YOLO en la detección de buses SITP en tiempo real.

### 4.3 Eficiencia en tiempo real

La implementación de YOLO y Haar Cascade en un escenario de tráfico simulado y en condiciones de tráfico en vivo demostró que YOLO mantuvo un rendimiento constante y eficaz en tiempo real. Por otro lado, Haar

Cascade mostró ciertas limitaciones en la detección en tiempo real, particularmente cuando se aumentaba la densidad de actores viales en la imagen.

#### **4.4 Robustez a la variabilidad visual**

Ambos algoritmos se sometieron a pruebas que simulaban variabilidad en condiciones de iluminación y clima. YOLO demostró una mayor resistencia a estas variaciones visuales en comparación con Haar Cascade. Los resultados indicaron que YOLO pudo mantener tasas de detección aceptables a pesar de los desafíos de iluminación y condiciones climáticas cambiantes.

#### **4.5 Falsos positivos y falsos negativos**

Se realizó un análisis detallado de los falsos positivos y falsos negativos generados por ambos algoritmos. YOLO exhibió una mejor capacidad para minimizar falsos positivos y falsos negativos en comparación con Haar Cascade. Además, se observó que los falsos positivos de YOLO eran menos frecuentes y más comprensibles en términos de contexto.

#### **4.6 Eficiencia en recursos**

La evaluación de recursos computacionales reveló que YOLO aprovechaba de manera más eficiente la potencia de GPU y CPU durante la detección. Además, YOLO mostró una mejor eficiencia energética en dispositivos de procesamiento, lo que sugiere un menor consumo de energía en comparación con Haar Cascade.

#### **4.7 Escalabilidad**

La capacidad de escalabilidad de ambos algoritmos se evaluó incrementando el número de actores viales en las imágenes. YOLO demostró una mejor capacidad para manejar situaciones de tráfico más congestionadas, manteniendo tasas de detección aceptables incluso cuando la densidad de actores viales aumentaba.

### **5. CONCLUSIONES**

Las conclusiones extraídas de este análisis resaltan la eficacia innegable de YOLO en la detección de buses, basándose en resultados concretos. Este enfoque destaca en términos de eficiencia y precisión, superando de manera significativa a Haar Cascade, con un porcentaje de precisión del 95% en comparación con el 80% de Haar Cascade. Aunque YOLO puede requerir algunos segundos adicionales para analizar una imagen, esta inversión temporal se traduce en una capacidad de detección altamente precisa, convirtiéndolo en la elección preferida para aplicaciones que exigen detección confiable.

El enfoque YOLO no solo asegura una identificación más precisa de buses, sino que también mantiene un procesamiento bastante rápido, especialmente importante en contextos que requieren detección precisa en tiempo real, como el análisis del flujo vehicular y la toma de decisiones en situaciones de tráfico. Esta combinación de precisión y eficiencia, respaldada por una tasa de éxito del 95%, fortalece la posición de YOLO como la opción más favorable para este proyecto en particular. Aunque podría haber una pequeña disminución en la velocidad de procesamiento en comparación con Haar Cascade, los beneficios obtenidos en términos de precisión son más que suficientes para inclinarse hacia YOLO.

YOLO se destaca como la elección natural para aplicaciones que buscan una detección precisa y confiable de actores viales. Su combinación única de eficiencia y precisión lo sitúa en una posición de liderazgo frente a alternativas como Haar Cascade. Aunque podría implicar una breve pausa en el procesamiento, los resultados demuestran que los beneficios en precisión y efectividad son lo suficientemente convincentes como para que YOLO sea la opción preferida en proyectos que requieren detección de alta calidad. Estas conclusiones, respaldadas por comparaciones numéricas y evidencia concreta, solidifican a YOLO como la elección óptima para lograr resultados superiores en la detección de actores viales.



## REFERENCIAS

- [1] Cugurullo F. (2020). Urban Artificial Intelligence: From automation to autonomy in the smart city. Alfa.
- [2] Liu Y. et al. (2020). A real-time, mobile-object detection approach for unmanned aerial vehicle based forest fire surveillance system. Omega.
- [3] Jiang P. et al. (2022). A review of YOLO algorithm developments. Pesdo.
- [4] Chiroma R. (2021). Vehicle detection, counting, and classification in traffic videos: A survey. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 22(10), 3773-3785.
- [5] Akhand M. (2019). Vehicle Recognition from license plate number using deep learning. arXiv preprint arXiv:1903.09203.
- [6] Coral J. et al. (2014). Identificación de vehículos de carga en movimiento por visión artificial. Trabajo de grado. Universidad del Valle.
- [7] Ramajo Á. et al. (2015). Reidentificación de vehículos mediante técnicas de deep learning. Reporte técnico. Laboratorio de Sistemas Inteligentes.
- [8] Gonzalez R. et al. (2020). Government and governance in intelligent cities, smart transportation study case in Bogotá Colombia. Ain Shams Engineering Journal 11(1), 25-34.
- [9] UNESCO. (2023). IA por el Planeta: Destacando las innovaciones de IA para la movilidad sostenible y las ciudades inteligentes. Recuperado: <https://www.unesco.org/es/articulos/ia-por-el-planeta-destacando-las-innovaciones-de-ia-para-la-movilidad-sostenible-y-las-ciudades>
- [10] Redalyc.org. (2019). Recuperado: <https://www.redalyc.org/journal/852/85259689013/html/>
- [11] Gómez C. (2019). Reconocimiento de objetos del hogar, usando redes neuronales convolucionales para personas con discapacidad visual. Revista Científica de Ingeniería y Tecnología 2(2), 1-10.
- [12] Murgui J. y García A. (2018). Clasificación y reconocimiento de imágenes con redes neuronales para aplicaciones industriales. Recuperado: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115464/Murgui.pdf?sequence=1>
- [13] Olabe X. (2018). Redes Neuronales Artificiales y sus aplicaciones. Recuperado: [https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40137/mod\\_resource/content/1/redes\\_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf)
- [14] Ortiz G. y Sánchez A. (2020). Emprendimiento y tecnologías de la información y la comunicación en Bogotá. Cuadernos de Administración 36(67), 199-211.
- [15] Torres J. y Acosta, H. (2019). La innovación en el ecosistema emprendedor de Bogotá. Cuadernos de Administración 35(64), 251-262.
- [16] Uribe F. y Guzmán J. (2021). La colaboración público-privada en el fomento de la innovación en Bogotá: El caso de la identificación de objetos en el contexto vial. Revista Internacional de Gestión y Economía Aplicada 11(1), 89-101.
- [17] Bogotá se destaca como una ciudad innovadora en el CityLab. (2021). Recuperado: <https://bogota.gov.co/internacional/bogota-se-destaca-como-una-ciudad-innovadora-en-el-citylab-2021>
- [18] Ministerio de Transporte y ANSV. (2023). Metodología para establecer velocidad límite y reglamentan los planes de gestión de la velocidad. Recuperado: <https://ansv.gov.co/es/prensa-comunicados/9955>
- [19] Codificando Bits. (2023). Parámetros e hiperparámetros en el Machine Learning. Recuperado: <https://www.codificandobits.com/blog/parametros-hiperparametros-machine-learning/>
- [20] AWS. (2023). ¿Qué es el ajuste de hiperparámetros? Explicación de los métodos de ajuste de hiperparámetros. Recuperado: <https://aws.amazon.com/es/what-is/hyperparameter-tuning/>
- [21] wordpress. (2016). Análisis del flujo vehicular Generalidades. Recuperado: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/analisis-de-flujo-vehicular-cal-y-mayor.pdf>
- [22] Instituto politécnico nacional escuela superior de cómputo. (2018). Cálculo del flujo vehicular mediante segmentación de imágenes. Recuperado: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21133/C%C3%A1lculo%20del%20flujo%20vehicular%20mediante%20segmentaci%C3%B3n%20de%20im%C3%A1genes.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- [23] Reyes O. et al. (2019). Técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el procesamiento de imágenes y su aplicación en el análisis de pavimentos. Revista EIA 16(31), 189-207.
- [24] Vargas W. et al. (2014). Análisis de los puntos más críticos de accidentes de tránsito en Bogotá. Revista de Topografía 4.
- [25] Salcedo L. (2018). YOLO (You Only Look Once): Detección de objetos en tiempo real. Mi Diario Python.
- [26] Shao Y. et al. (2021). A review of YOLO object detection based on deep learning. Huesca.
- [27] Konda et al. (2020). Real-Time traffic sign detection and recognition using YOLOv3 and OpenCV. Jirg.
- [28] Bhasin. (2019). Real-time object detection with YOLO, OpenCV and Python. Jirg.
- [29] Suresh et al. (2020). Object detection with YOLO for intelligent traffic monitoring system. KLPF.
- [30] Siddiqui S. (2020). Traffic sign detection using YOLO v3 with OpenCV. Alfa.
- [31] Sharma A. et al. (2020). Object detection using OpenCV and Python. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering 8(6), 2736-2741.
- [32] Fernandez R. (2018). Detección de rostros, caras y ojos con Haar Cascade. Cursos de Programación de 0 a Experto © Garantizados. Recuperado: <https://unipython.com/deteccion-rostros-caras-ojos-haar-cascad/>

- [33] Administrador. (2020). Como crear tu propio detector de objetos con Haar Cascade. Recuperado: <https://omesva.com/como-crear-tu-propio-detector-de-objetos-con-haar-cascade-python-y-opencv/>
- [34] Ángel E. y Ambrogio J. (2020). Tecnología de la información y comunicación. Recuperado: <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2020/12/Articulo1-RAD116.pdf>
- [35] Rao S. (2018). Vehicle detection and identification using computer vision and deep learning techniques. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 19(10), 2827-2836.
- [36] Gavilán M. (2021). *Procesamiento de Imágenes y Visión Artificial con MATLAB*. MathWorks.
- [37] MathWorks. (2013). *Visión Artificial con MATLAB: Detección y seguimiento de objetos*. MathWorks.
- [38] Jayasree A. et al. (2022). A comparative study of YOLO and Haar Cascade algorithm for helmet and license plate detection of motorcycles. Recuperado: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1707864/FULLTEXT02>

# Modelo tolerante a falla por ruido aleatorio con observador para servosistema electrohidráulico de posición

Néstor Segundo Hoyos Arteaga<sup>1</sup>

Carlos Borrás Pinilla<sup>2</sup>

*Universidad Industrial de Santander, Colombia*

Se propone un modelo tolerante a fallas con observador para un modelo matemático no lineal de un servoactuador electrohidráulico con ruido en el sensor que mide la posición, motivado por el apoyo de prevención y tolerancia de fallas en sistemas electrohidráulicos, contribuyendo a la línea de investigación y construcción de conocimientos en sistemas de mantenimientos predictivos. Se planteó un modelo matemático para diseñar los algoritmos de tolerancia a fallas, buscando una tolerancia a fallos por ruido (Filtro de Kalman) realizando simulación en Matlab. Se realizó la linealización del modelo matemático no lineal en la ecuación de flujo de la servoválvula, para evitar las no linealidades que se presentan debido al radical que contiene dicha relación. Se usaron parámetros encontrados en tablas de trabajo anteriores para realizar la simulación del proceso. Se realizó revisión teórica y se implementó la estrategia de filtro de Kalman en Matlab, logrando eliminar el ruido inducido en la planta de servoactuador no lineal.

---

<sup>1</sup> Estudiante de Maestría en Ingeniería Mecánica. Contacto: [nestor2218099@correo.uis.edu.co](mailto:nestor2218099@correo.uis.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniero. Contacto: [cborras@uis.edu.co](mailto:cborras@uis.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los actuadores hidráulicos son ampliamente usados en aplicaciones industriales debido a su excelente relación poder tamaño y su capacidad de aplicar grandes fuerzas con alta repuesta [1, 2]. Los servosistemas hidráulicos combinan las ventajas de actuadores hidráulicos con la versatilidad de la electrónica para dar la más poder en modernas aplicaciones industriales como robótica, industria aeroespacial, minería, equipos de prueba y líneas de producción [4, 5].

El sistema electrohidráulico como uno de los componentes fundamentales aplicado en muchos equipos como máquinas de construcción, máquinas agrícolas y los aviones. Es común a estas aplicaciones que se requiere una alta potencia para realizar el trabajo deseado, por ejemplo, mover material o levantar grandes pesos [5].

Por otra parte, los actuadores electrohidráulicos exhiben un comportamiento alto y un rendimiento dinámico no lineal complejo. La principal causa de estas no linealidades se debe a la compresibilidad del fluido hidráulico, la relación flujo-presión en la servoválvula, fuerzas de fricción, fugas internas y externas en el actuador [6].

En los últimos años, la detección de fallas recibió más atención que nunca debido a la creciente demanda de sistemas dinámicos más confiables debido a que la falla de los actuadores, sensores y otros componentes puede resultar en una degradación del rendimiento, daños severos en los sistemas con la posibilidad de pérdida de vidas humanas [7]. El no tratamiento de este defecto provoca en un bajo rendimiento del proceso, pérdidas económicas, problemas técnicos.

Dentro de las fallas más comunes que pueden experimentar los servosistemas electrohidráulicos de posición se encuentra la falla en el transductor de posición Linear Variable Differential Transformers LVDT. Esta falla en particular induce en el sistema un ruido inesperado en la señal de retroalimentación, generando una señal de error falsa provocando errores de precisión, posición velocidad, fuerza y control del actuador [8].

En este capítulo se propone un modelo de tolerancia al fallo para un servosistema electrohidráulico de posición mediante el uso de ecuaciones de estado y observador óptimo de Kalman [9], de tal manera que logre mitigar las fallas que se puedan presentar garantizando la estabilidad y confiabilidad en los sistemas.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Descripción del modelo dinámico no lineal

En la Figura 1 se aprecia el esquema del servosistema electrohidráulico de posición el cual está conformado por un actuador hidráulico de doble vástago y está dirigido por una servoválvula. El objetivo es medir el desplazamiento del actuador.

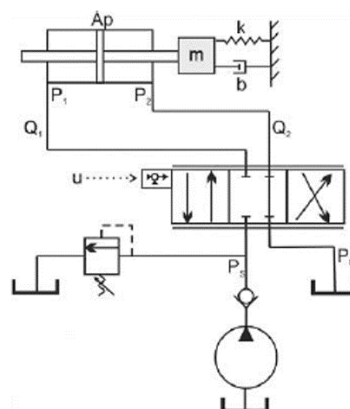


Figura 1. Representación esquemática de servosistema electrohidráulico

## 2.2 Análisis del actuador

La dinámica del movimiento de la masa del actuador es obtenida aplicando la segunda ley de Newton (ecuación (1)).

$$m\ddot{x}_p = A_p P_L - b\dot{x}_p - kx_p \quad (1)$$

Donde las constantes  $m$ ,  $b$ , y  $k$  son la masa de la carga, el coeficiente de amortiguamiento viscoso y constante de rigidez. El desplazamiento del actuador es  $x_p$  y el área anular del pistón es  $A_p$ . El diferencial de presión en el interior del pistón se define como  $P_L = P_1 - P_2$ .

Al aplicar el principio de continuidad sobre el actuador para tratar su dinámica es posible establecer la relación de la ecuación (2).

$$Q_L = A_p \dot{x}_p - \frac{V_t}{4\beta} \dot{P}_L \quad (2)$$

La constante  $\beta$  y  $V_t$  son el módulo de Bulk efectivo y el volumen total de fluido hidráulico que está atrapado en el interior de las cámaras del actuador y las tuberías del sistema y el flujo suministrado por la servoválvula es definido mediante la ecuación (3).

$$Q_L = \frac{(Q_1 + Q_2)}{2} \quad (3)$$

## 2.3 Análisis de la servoválvula

El flujo suministrado por la servoválvula es preciso notar que se relaciona con el desplazamiento del *spool* a través y el diferencial de presión, haciendo la asunción que los orificios son simétricos (ecuación (4)).

$$Q_L = c_d w x_v \sqrt{\frac{P_S - P_L}{\rho}} \quad (4)$$

De la anterior relación tenemos que  $C_d$  es el coeficiente de descarga a través de los orificios,  $w$  es el gradiente de área del orificio,  $x_v$  es el desplazamiento del *spool*,  $P_S$  es la presión del suministro y  $\rho$  es la densidad del fluido hidráulico.

Para observar la relación entre el voltaje de control y el desplazamiento del *spool* de la servoválvula se aplica la ecuación diferencial de segundo orden ecuación (5).

$$u = \frac{1}{k_v} \left( \frac{1}{w_v^2} \ddot{x}_v + \frac{2\zeta_v}{w_v} \dot{x}_v + x_v \right) \quad (5)$$

De la anterior relación tenemos que  $k_v$ ,  $\zeta_v$ ,  $w_v$  y  $u$  son la ganancia de la servoválvula, el coeficiente de amortiguamiento, la frecuencia natural de la servoválvula y  $u$  es el voltaje de control.

## 2.4 Relación de la servoválvula con el actuador

Es preciso notar la relación que tiene la presión de carga con el desplazamiento *spool* y el desplazamiento del vástago del pisto, para lo cual se utiliza la ecuación (6).

$$P_L = \frac{4\beta}{V_t} \left( c_d w x_v \sqrt{\frac{P_S - P_L}{\rho}} - A_p \dot{x}_p \right) \quad (6)$$

## 2.5 Ecuación de estado no lineales

Seguidamente se definen los estados del sistema no lineal como:  $x_1 = x_p$ ,  $x_2 = \dot{x}_p$ ,  $x_3 = P_L$ ,  $x_4 = x_v$  y  $x_5 = \dot{x}_v$ , estos son los estados del sistema y se construyen con las ecuaciones (7) a (11).

$$\dot{x}_1 = x_2 \quad (7)$$

$$\dot{x}_2 = \frac{1}{m} [A_p x_3 - b x_2 - k x_1] \quad (8)$$

$$\dot{x}_3 = \frac{4\beta}{v_t} \left[ c_d w x_v \sqrt{\frac{P_s - P_L}{\rho}} - A_p \dot{x}_p \right] \quad (9)$$

$$x_4 = x_5 \quad (10)$$

$$\dot{x}_5 = w_v^2 \left[ k_v u - \frac{2\zeta}{w_v} x_5 - x_4 \right] \quad (11)$$

## 2.6 Linealización del modelo dinámico

Las anteriores relaciones no lineales son linealizadas alrededor de un punto de operación, denotado como subíndice  $o$ . EL prefijo  $\Delta$  indica las perturbaciones cerca del punto de operación. Como  $\Delta x_p = x_p - x_{p0}$ . (ecuaciones (12) a (16)).

$$\Delta \dot{x}_1 = \Delta x_2 \quad (12)$$

$$\Delta \dot{x}_2 = \frac{1}{m} [A_p \Delta x_3 - b \Delta x_2 - k \Delta x_1] \quad (13)$$

$$\Delta \dot{x}_3 = \frac{4\beta}{v_t} [k_f \Delta x_4 - k_p \Delta x_5 - A_p \Delta x_2] \quad (14)$$

$$\Delta x_4 = \Delta x_5 \quad (15)$$

$$\Delta \dot{x}_5 = w_v^2 \left[ k_v \Delta u - \frac{2\zeta}{w_v} \Delta x_5 - \Delta x_4 \right] \quad (16)$$

Los parametros  $k_f$  y  $k_p$  se obtienen de la linealización de las ecuaciones (13) y (14) y se denotan como la ganancia de flujo y coeficientes de presión-flujo (ecuaciones (17) y (18)).

$$k_f = c_d w \sqrt{\frac{P_s - P_{Lo}}{\rho}} \quad (17)$$

$$k_p = \frac{c_d w x_{vo}}{2\sqrt{\rho(P_s - P_{Lo})}} \quad (18)$$

Al reemplazar las constantes  $k_f$  y  $k_p$  en el sistema no lineal se obtiene la representación de espacio de estados del sistema linealizado (ecuaciones (19) y (20)).

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{x}_1 \\ \Delta \dot{x}_2 \\ \Delta \dot{x}_3 \\ \Delta \dot{x}_4 \\ \Delta \dot{x}_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{k}{m} & -\frac{b}{m} & \frac{A_p}{m} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{4\beta A_p}{v_t} & -\frac{4\beta k_p}{v_t} & -\frac{4\beta k_f}{v_t} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -w_v^2 & -2\zeta_v w_v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta x_3 \\ \Delta x_4 \\ \Delta x_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ k_v w_v^2 \end{bmatrix} [\Delta u] \quad (19)$$

$$\Delta y = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta x_3 \\ \Delta x_4 \\ \Delta x_5 \end{bmatrix} \quad (20)$$

## 2.7 Modelo teórico del filtro de Kalman

Para procesos lineales con múltiples entradas y múltiples salidas con señales de tiempo discreto sin perturbaciones estocásticas se utiliza las ecuaciones (21) y (22).

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) \quad (21)$$

$$y(k) = Cx(k) \quad (22)$$

El observador de estado correspondiente se calcula con la ecuación (23).

$$\hat{x}(k+1) = Ax(k) + Bu(k) + H[y(k) - c\hat{x}(k)] \quad (23)$$

La ecuación de error como una salida error es la (24).

$$e(k) = y(k) - C\hat{x}(k) \quad (24)$$

Y la ecuación (25) de estado de error.

$$\hat{x}(k+1) = [A - HC]\hat{x}(k) \quad (25)$$

Si no hay perturbaciones en el proceso, el observador converge a las variables de estado reales, si los eigenvalores  $A - HC$  son asintóticamente estables. La velocidad de convergencia esta influenciada por la ganancia  $H$ . Bajo la influencia de perturbaciones estocásticas la reconstrucción de estados con observadores no es óptima. La reconstrucción de estados debería simultáneamente seguir los variables de estado reales y expulsar los efectos del ruido.

Para un proceso considerado bajo efectos de ruidos estocásticos  $v(k)$  en la entrada y  $n(k)$  en la salida se calcula con las ecuaciones (26) y (27).

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) + Vv(k) \quad (26)$$

$$y(k) = Cx(k) + n(k) \quad (27)$$

Haciendo la asunción de que las matrices  $A, B, C$  y  $V$  son conocidas, los estados iniciales  $x(0)$  no es conocido, pero si la información probabilística acerca de  $x(0)$ , también hacer de  $v(k)$  y  $n(k)$ . Estas variables son asumidas que pueden ser independientes estáticamente y tiene una distribución normal (Gaussiana) de valores medidos (ecuación (28)).

$$E\{x(0)\} = x_0; \quad E\{v(k)\} = 0; \quad E\{n(k)\} = 0 \quad (28)$$

La covarianza de las matrices se calcula con la ecuación (29).

$$\begin{aligned} E\{(x(0) - x_0)(x(0) - x_0)^T\} &= x_0 \\ E\{v(k)v^T(k)\} &= M \\ E\{n(k)n^T(k)\} &= N \end{aligned} \quad (29)$$

Las matrices  $M$  y  $N$  son asumidas como conocidas para tener una medida acerca del tamaño del ruido. Como la estimación del error no puede converger a cero, la mejor estimación para encontrar el vector de estado  $x(k)$  basado en la medida de las variables de entradas  $u(k)$  y las variables de salida  $y(k)$ . La estimación de mínimos cuadrados se realiza con la ecuación (30).

$$\min ||x(k) - \hat{x}(k|j)||^2 \quad (30)$$

Se utilizan dos instantes de tiempo diferente:  $k$  mide el tiempo presente, y  $j$  el instante de tiempo usado de la medida. El estado de estimación puede ser de las siguientes formas:

$k > j$  problema de predicción

$k = j$  problema de filtración

$k < j$  problema de suavizado

A continuación, se considera el problema de filtración y la predicción hacia un paso. Las medidas usadas para la salida se calculan con la ecuación (31).

$$Y_j = \{y(0), y(1), \dots, y(j)\} \quad (31)$$

Se utiliza la ecuación (32) para la estimación óptima, la ecuación (33) para el error de estimación y la ecuación (34) para la matriz de covarianza del estimado de error.

$$\hat{x}(k|j) = E\{x(k)|Y_j\} \quad (32)$$

$$\tilde{x}(k|j) = x(k) - \hat{x}(k|j) \quad (33)$$

$$P^-(k+1) = E\{\tilde{x}(k+1|j)\tilde{x}^T(k+1|k)\} \quad (34)$$

$$P(k+1) = E\{\tilde{x}(k+1|k+1)\tilde{x}^T(k+1|k+1)\}$$

Para un instante de tiempo  $k+1$  las variables de estados  $x(k+1)$  (ecuación (35)).

$$\hat{x}(k+1|k) = A\hat{x}(k|k) + Bu(k) + V\bar{v} \quad (35)$$

Donde  $v(k)$  es desconocido (ecuación (36)).

$$\hat{x}(k+1|k) = A\hat{x}(k|k) + Bu(k) \quad (36)$$

Al tiempo de  $k+1$  está disponible la medida de la salida  $y(k+1)$  (ecuación (37)).

$$y(k+1) = Cx(k+1) + n(k+1) \quad (37)$$

Sea  $K$  de  $(m \times m)$  una matriz de pesos, la cual tiene como fin minimizar la covarianza de estimación de error  $P(k-1)$ . La secuencia del cálculo del algoritmo de filtro de Kalman se logra con las ecuaciones (38) y (39) de predicción y las ecuaciones (40) y (41) de corrección.

$$\hat{x}(k+1|k) = A\hat{x}(k|k) + Bu(k) \quad (38)$$

$$P^-(k+1) = AP(k)A^T + VMV^T \quad (39)$$

$$\bar{K} = P^-C^T[CP^-C^T + N]^{-1} \quad (40)$$

$$\hat{x}(k+1|k+1) = \hat{x}(k+1|k) + \bar{K}[y(k+1) - C\hat{x}(k+1|k)] \quad (41)$$

En la Figura 2 se muestra el diagrama de señal de flujo de un filtro de Kalman acorde las ecuaciones (38) y (40), predicción y corrección respectivamente.

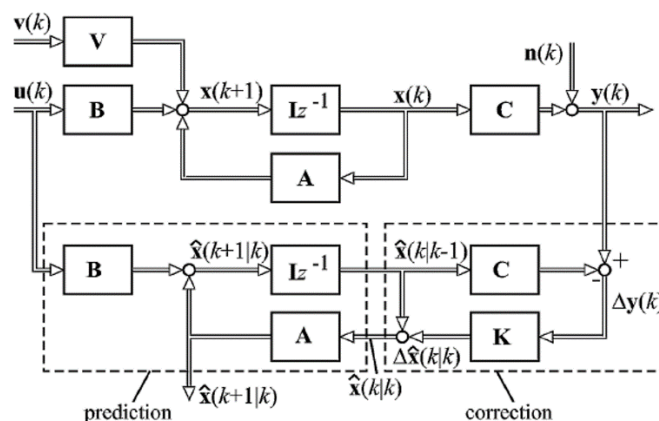


Figura 2. Esquema de etapas para un filtro de Kalman



En la Figura 3 se muestra el diagrama de ejecución del algoritmo de filtro de Kalman por etapas.

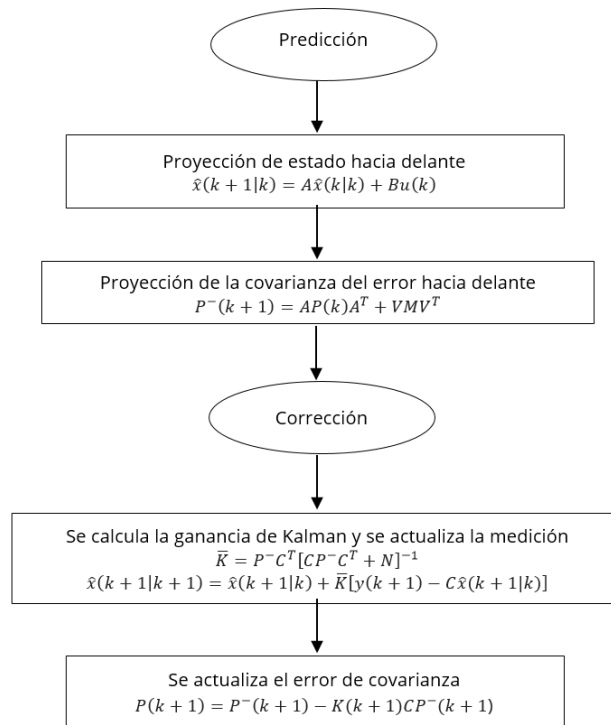


Figura 3. Diagrama de flujo de filtro de Kalman

En la Figura 4 es posible observar el filtro de Kalman implementado para la eliminación del ruido inducido en el sistema en el ambiente de computo MATLAB.

```

Parametros del ruido
Q=2.3e-1; %covarianza de ruido de proceso.
R=0.001; %covarianza de ruido de medida.
rng(10, 'twister');
w=sqrt(Q)*randn(length(t),1); %ruido del procesos.
v=sqrt(R)*randn(length(t),1); %ruido de la medida.

Parametros iniciales para el filtro de Kalman
x=[0.1,0.1,1.0,0.05,1.0]'; %condiciones iniciales de estado.
P = sysDiscreto.B*Q*sysDiscreto.B'; %covarianza de error inicial

Simulación del filtro de Kalman
%señales de medida
y = lsim(sysDiscreto,u+w); %señal medida sin ruido.
yv = y + v; %señal medida con ruido.

%graficas
ye=zeros(length(t),1); %salida estimada
ycov=zeros(length(t),1);
errcov=zeros(length(t),1);
grstd=zeros(length(t),5);

for i=1:length(t)
    % actualización de medidas
    GananciaKalman=P*H'/(H*P*H'+R);
    x = x + GananciaKalman*(yv(i)-H*(x));
    P = (eye(5)- GananciaKalman*H)*P;
    PP=(P+P')/2;

    grstd(i,:)=sqrt(diag(PP))';

    ye(i)=[1,0,0,0,0]*x;
    errcov(i)=[1,0,0,0,0]*P*[1,0,0,0,0]';

    % actualización de tiempo
    x=sysDiscreto.A*x+sysDiscreto.B*u(i);
    P = sysDiscreto.A*P*sysDiscreto.A' + sysDiscreto.B*Q*sysDiscreto.B';
end

```

Figura 4. Algoritmo filtro de Kalman

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para desarrollar las simulaciones se utilizaron valores de constantes obtenidos de otros trabajos de maestría de universidad industrial de Santander, parámetros físicos de partes del servoactuador electrohidráulico de posición que son representados en las siguientes tablas [10, 11] (Tablas 1 a 3).

**Tabla 1.** Parámetros obtenidos a partir de otros trabajos

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$b$	Coefficiente de amortiguamiento	1000	$[Ns/m]$
$k$	Constante de rigidez	0	$[N/m]$
$\beta$	Módulo de Bulk	$6,89 * 10^6$	$[N/m^2]$
$\rho$	Densidad de fluido hidráulico	858	$[Kg/m^3]$
$C_d$	Coefficiente de descarga	0,6	-
$w$	Gradiente de área	0,02075	$[m]$
$k_v$	Ganancia - Servoválvula	$4,06 * 10^{-5}$	$[m/V]$
$k_f$	Ganancia - Servoválvula	1,123	$[m^2/s]$
$k_p$	Coefficiente presión - flujo	$9,5 * 10^{-11}$	$[m^3Pa/s]$

**Tabla 2.** Parámetros físicos del servoactuador electrohidráulico de posición

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$m$	Masa	85,3	$[Kg]$
$A_p$	Área del pistón	0,0016	$[m^2]$
$V_t$	Volumen total	$4,34 * 10^{-4}$	$[m^3]$

**Tabla 3.** Parámetros físicos obtenidos de catálogos de fabricantes.

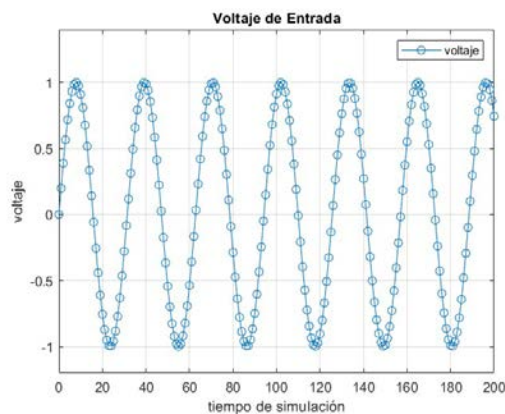
Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$P_s$	Presión de suministro	3000	$[Psi]$
$w_v$	Frecuencia natural - Servoválvula	200	$[Hz]$
$\zeta_v$	Coefficiente de amortiguamiento - Servoválvula	-	-

La covarianza de ruido del proceso:  $Q = 2,3 * 10^{-1}$

La covarianza del ruido de medida:  $R = 0,001$

La condición inicial del proceso  $x = [0,1; 0,1; 1,0; 0,05; 1,0]$

La simulación del servo sistema electrohidráulico de posición fue realizada en Matlab. En la Figura 5 se muestra el voltaje inducido en el sistema como entrada, la simulación fue realizada a un tiempo de 200 s, la señal de entrada en el sistema fue diseñada según la ecuación  $u = \sin(t/5)$ , que es una onda sinusoidal.

**Figura 5.** Voltaje de entrada

En la Figura 6 se muestra el comportamiento del sistema cuando existe la presencia de ruidos aleatorios que afectan los sensores que realizan las medidas, causando una insertidumbre en la medida real de la posición del actuador electrohidráulico.

En la Figura 7 se muestra la estimación de la medida de la posición del actuador electrohidráulico. Es posible observar cómo al transcurrir del tiempo los valores estimados tienden a los valores de la medida real lo cual se entiende como la eliminación del ruido.

En la Figura 8 se aprecia la evolución de la estimación de la medida con un intervalo de covarianza de  $+2\sigma$ ,  $-2\sigma$ , en la estimación de la medida real, y en la Figura 9 se observa el ruido que fue observado como una diferencia entre en la medida real y la medida con ruido. También podemos apreciar el error de estimación el cual tiene una tendencia a cero, fue estimado entre la medida real y la medida estimada.

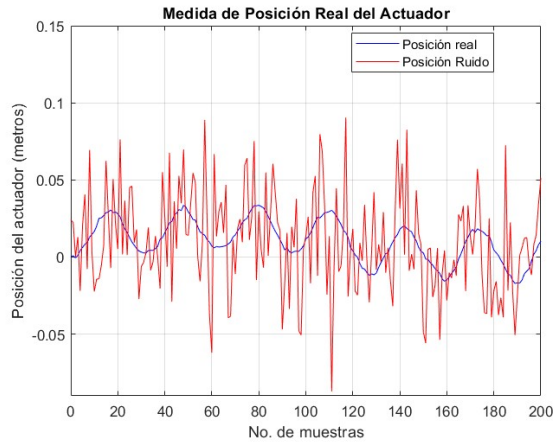


Figura 6. Medida de la posición con ruido y sin ruido

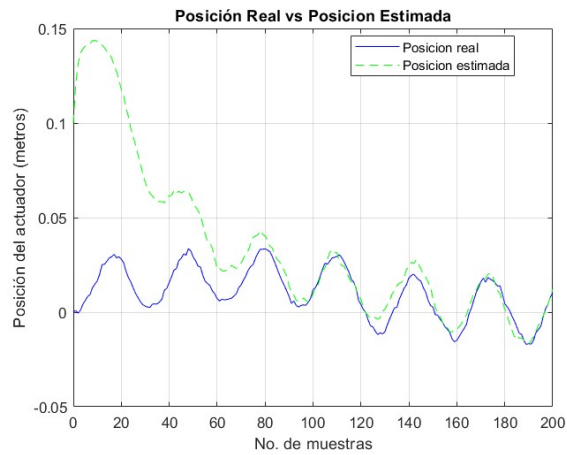


Figura 7. Posición del actuador con ruido aleatorio

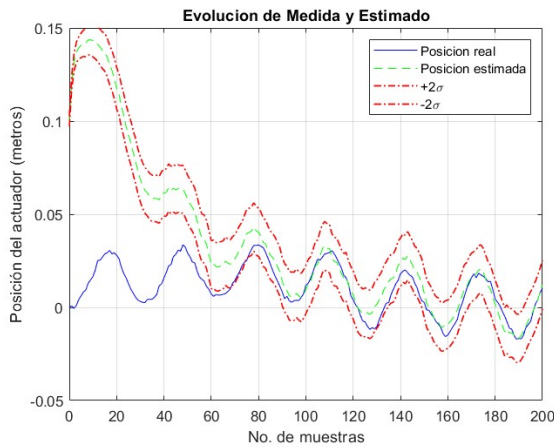


Figura 8. Evolución de medida e intervalo de confianza

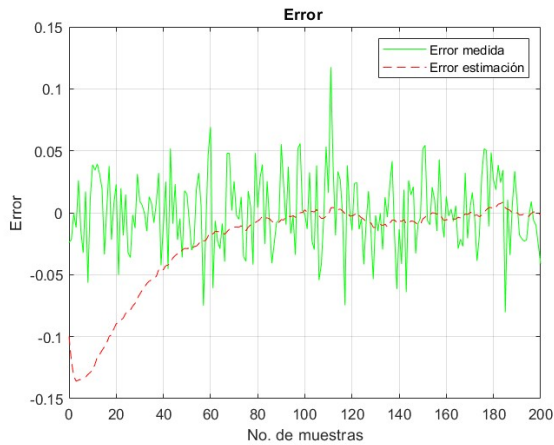


Figura 9. Ruido y Error de medición

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo fue desarrollado un modelo no lineal de un servoactuador electrohidráulico de posición, se utilizó su modelo lineal mediante modelado de espacio de estados para implementar la técnica de filtro de Kalman con el fin eliminar el ruido.

El filtro de Kalman es un estimador probabilístico usado para eliminar las señales indeseadas de una serie de medidas. En este trabajo se implementó para la eliminación del ruido que se fue inducido a la medida del proceso, y esto fue logrado por el trabajo iterativo de filtro al actualizar sobre las medidas del proceso y la varianza en cada iteración hasta acercarse a los valores reales del proceso.

Fue posible observar la variación de las variables mediante las etapas de corrección y predicción las variaciones de las medidas estimadas al converger hacia la posición real de actuador.

Los desfases o variaciones entre los valores medidos y los valores estimados están estrictamente relacionados con el tiempo de muestro para arrojar un mejor filtrado y la elección del error de covarianza del proceso.

El algoritmo de filtro de Kalman es una herramienta versátil que se puede combinar con otras técnicas como detección de fallas para posteriormente eliminarlas, de tal forma que sea posible garantizar más estabilidad y confiabilidad en los servosistemas electrohidráulicos.

## REFERENCIAS

- [1] Del Grosso D. (2009). Implementation of hydraulic servo controllers with only position measure. *International Journal of Robotics and Automation*.
- [2] Borrás C. y Stalford H. (2002). Pattern recognition in hydraulic backlash using neuronal network. En the American Control Conference. Anchorage, USA.
- [3] Hong J. et al. (2005). Sliding mode control with varying boundary layers for an electro-hydraulic position servo system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 26(1-2), 117-123.
- [4] Zulfatman M. et al. (2014). Robust position tracking control of an electro-hydraulic actuator in the presence of friction and internal leakage. *Arabian Journal for Science and Engineering* 39(4), 2965-2978.
- [5] Zhongyi Q. et al. (2014). Review of energy efficient direct pump controlled cylinder electro-hydraulic technology. *Renewable and sustainable energy reviews* 35, 336-346.
- [6] Borrás C. et al. (2018). Dynamic model and control design for a nonlinear hydraulic actuator. V04BT06A024.
- [7] Bin M. (2013). Neural network controller design for position control system improvement. Tesis de maestría. University Tun Hussein, Malaysia.
- [8] Wittenbach R. y Cook K. (2006). Detection of faults in linear and rotary voltage transducers. General Electric Co. United states Patent. US007138794B1.
- [9] Isermann R. (2006). *Fault-diagnosis systems: An introduction from fault detection to fault tolerance*. Springer.
- [10] Ortiz J. (2019). Sistema de detección, diagnóstico y tolerante a fallas en un servoactuador electrohidráulico. Magister en Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander.
- [11] Sarmiento J. (2019). Sistema con control óptimo para una mesa sísmica uniaxial. Universidad Industrial de Santander.

# Mejorando la productividad en proyectos de desarrollo de software: Un estudio de caso

Luis Fernando Castro Rojas<sup>1</sup>

Esperanza Espitia Peña<sup>2</sup>

Edwin Romero Cuero<sup>3</sup>

*Universidad del Quindío, Colombia*

Las transformaciones entre modelos son un aspecto importante durante el desarrollo de software dirigido por modelos, y diversos autores han generado planteamientos, técnicas y herramientas con las cuales pretenden sustentar y validar la pertinencia de dicha aproximación. Particularmente, en el contexto de desarrollo de software orientado a la generación de juegos, se deben enfrentar varios retos que dificultan el trabajo fluido y sin obstáculos. Algunos de estos retos se relacionan con la incompatibilidad entre plataformas y tecnologías, inconsistencias en versiones de código, tiempo invertido en detectar y corregir errores, uso de modelos no homogéneos y estándares de programación poco uniformes. En este capítulo se presenta un caso de estudio que ilustra la aplicación de Model Driven Architecture MDA en el dominio de la creación de juegos por computador. De esta forma se pretende demostrar que MDA, apoyado por el desarrollo de una cadena de transformación de modelos, puede mejorar la productividad y eficiencia en el desarrollo de productos software.

---

<sup>1</sup> Ingeniero de Sistemas, Magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación y Doctor en Ingeniería de Sistemas. Contacto: [lufer@uniquindio.edu.co](mailto:lufer@uniquindio.edu.co)

<sup>2</sup> Ingeniera de Sistemas y Magíster en Ingeniería de Sistemas. Contacto: [eespitia@uniquindio.edu.co](mailto:eespitia@uniquindio.edu.co)

<sup>3</sup> Licenciado en matemáticas y computación y Magíster en Enseñanza de la Matemática. Contacto: [eromero@uniquindio.edu.co](mailto:eromero@uniquindio.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Según Bézivin [1], un modelo es una simplificación de un sistema construido para un fin específico, el cual debe tener la capacidad de responder preguntas en lugar del sistema actual. Bajo esta premisa y con el propósito de enmarcar el desarrollo de este trabajo es importante anotar que, en 2003, el Object Management Group OMG publicó la propuesta denominada Arquitectura Centrada En Modelos MDA, la cual puede ser definida como la realización de los principios de Ingeniería Centrada En Modelos MDE en torno a una serie de estándares de OMG tales MOF, XML, OCL, UML, CWM, SPEM, etc. [2]. En 2014, OMG avaló la versión revisada MDA Guide Revision 2.0, como una definición más detallada de la arquitectura. A través de estas iniciativas podemos apreciar un marcado interés por demostrar las ventajas que tiene el pasar de una aproximación centrada en el código a una basada en modelos. En la Figura 1 se ilustra una propuesta en tal sentido.

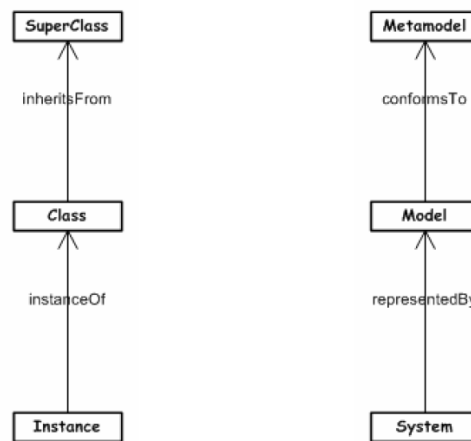


Figura 1. Diferenciación entre el enfoque de la tecnología de objetos y MDE [3]

Es entonces cuando el desarrollo de software centrado en modelos MDD adquiere un rol representativo en el contexto de la ingeniería de software, potenciado por diversos elementos concebidos para apoyar la fundamentación y realización de dicho enfoque. Uno de estos elementos es la transformación de modelos y, tal como se documenta en [4], la transformación  $t$  de un modelo  $Ma$  en otro modelo  $Mb$  es definida por la ecuación (1).

$$t: Ma \rightarrow Mb \quad (1)$$

Donde el modelo  $Ma$  se supone que está basado en un metamodelo  $MMA$  y el modelo  $Mb$  en un metamodelo  $MMb$ . Considerando que la transformación en sí misma es otro modelo, entonces se obtiene la ecuación (2).

$$Mt: Ma \rightarrow Mb \quad (2)$$

En tal sentido debe considerarse la existencia de un metamodelo genérico de transformación  $MMT$ , el cual debe ser similar a cualquier otro Meta Object Facility MOF basado en el metamodelo MDA.

Enmarcado dentro de lo descrito previamente, surgió este trabajo orientado al desarrollo de un caso de estudio basado en juegos de laberintos y cuya intención es constituirse en un referente por medio del cual sea posible evidenciar las ventajas y oportunidades que generan las transformaciones de modelos en el ámbito de MDD, enfocado a un área específica del desarrollo de software, como es el desarrollo de juegos de laberinto. Cabe anotar que en el momento actual es muy poco el material existente que tenga un objetivo similar al propuesto en este documento.

## 2. MÉTODO

Esta investigación se desarrolló con base en enfoques metodológicos desde diversos *frameworks*.

- *Model Driven Architecture MDA*. El enfoque de Model Driven Architecture se fundamenta en varios pilares a saber: la separación del dominio de las descripciones del negocio y el dominio de la implementación dependiente de la plataforma, la expresión de aspectos específicos de un sistema en desarrollo con lenguajes de dominio específico especializados, el establecimiento de relaciones precisas entre estos diferentes lenguajes en un marco de referencia global y la capacidad de expresar transformaciones entre ellos.

En [6] se hace una descripción del ciclo de vida de MDA, el cual no difiere mucho del enfoque tradicional del ciclo de vida de desarrollo de software, la diferencia radica en la importancia del rol que juegan los modelos. La Figura 2 ilustra una propuesta en tal sentido [7].

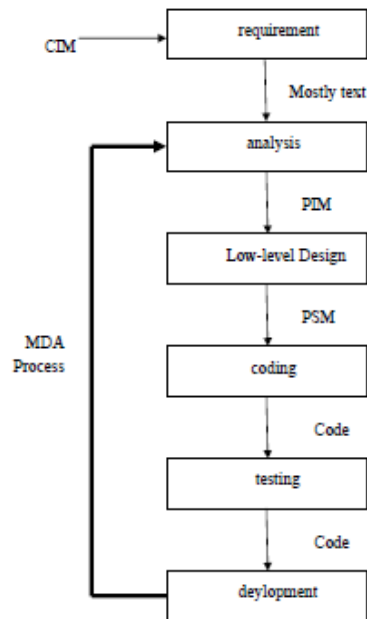


Figura 2. Ciclo de vida MDA [7]

- *Modelo independiente del cómputo CIM*. Es la descripción del sistema desde el punto de vista del especialista del dominio el cual no muestra la estructura detallada del sistema. Especifica solo las características del dominio del sistema y es algunas veces conocido como modelo del dominio [12].
- *Modelo independiente de la plataforma PIM*. Es el primer modelo definido en MDA como el más alto nivel de abstracción que es independiente de cualquier tecnología de implementación. Especifica un sistema para soportar la lógica del negocio. Esta independencia puede garantizar que el modelo sea usado con varias plataformas de tipo similar para representar la abstracción de otras plataformas. Por ejemplo, un PIM puede definir una arquitectura orientada a servicios SOA para una necesidad de compartir información definida en un CIM [12].

*Modelo específico de plataforma PSM*. El PIM será transformado en uno o más PSMs. Este es un modelo específico para una plataforma o tecnología que permite describir el sistema en esos mismos términos. La tecnología puede ser un framework como EJB o el modelo de base de datos relacional [12].

## 2.1 Transformación de modelos

La transformación de modelos es el proceso de convertir un modelo a otro modelo. En [7], los autores categorizan la transformación de modelos en dos dimensiones: vertical y horizontal. Las primeras suceden cuando un modelo fuente es transformado en un modelo destino a un distinto nivel de abstracción, cuando se refina un modelo. En el contexto de MDA las transformaciones verticales son útiles cuando se transforma en modelo independiente de plataforma PIM a un modelo de plataforma específica PSM. Las transformaciones horizontales se refieren a transformar un modelo fuente en un modelo destino los cuales tiene el mismo nivel de abstracción, son llevadas a cabo para ejecutar la evolución de modelos. [5].



En la Figura 3 se ilustra una representación de los elementos involucrados en el proceso de transformación de modelos.

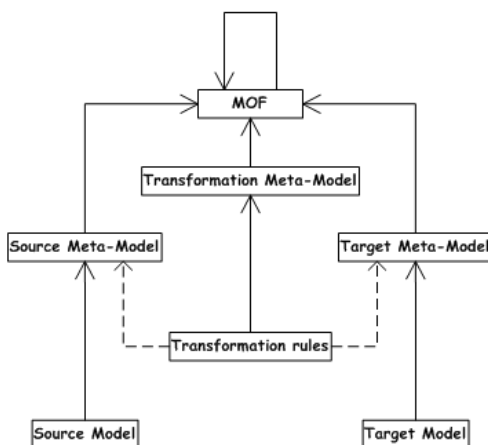


Figura 3. Transformación de modelos [4]

## 2.2 Lenguajes y herramientas para la transformación entre modelos

- *Eclipse Transformation Language ATL* [8]. Es un lenguaje de transformación de modelos que viene acompañado con un kit de desarrollo. En el campo de Model Driven Engineering MDE, provee la forma de producir un conjunto de modelos destino a partir de un conjunto de modelos fuente. Fue desarrollado sobre la plataforma Eclipse y si Integrated Development Environment IDE proporciona varias herramientas de desarrollo (sintaxis coloreada, debugger, etc) que facilitan el desarrollo de transformaciones ATL.
- *Query view transformation QVT* [9]. La especificación QVT tiene una naturaleza híbrida imperativo/declarativo, como se puede apreciar en la Figura 4.

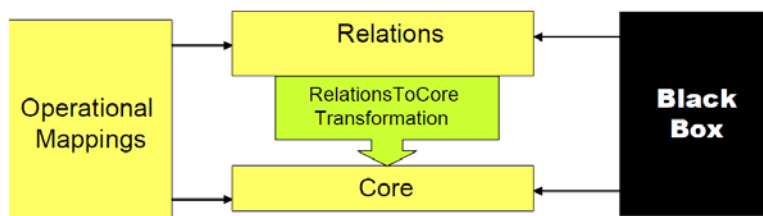


Figura 4. Relaciones entre metamodelos QVT [9]

La parte declarativa de su especificación está estructurada en dos capas: 1) un metamodelo Relations y un lenguaje el cual soporta patrones de matching complejos entre objetos y creación de plantilla de objetos. Las trazas entre elementos el modelo involucrados en una transformación son creadas implícitamente. 2) Un metamodelo Core y un lenguaje definido usando extensiones mínimas de EMOF y Object constraint Languages OCL. Todas las trazas entre clases son explícitamente definidas como modelos Meta Object Facility MOF y la creación y borrado de instancias de la traza es definida de la misma forma que la creación y borrado de cualquier objeto.

La parte imperativa está dada por dos mecanismos que invocan implementaciones de transformaciones a partir de las Relaciones o el core: un lenguaje estándar, Operational Mappings, así como implementaciones de operaciones MOF no estándar, Black-box. Cada relación define una clase la cual será instanciada para realizar la traza entre los elementos del modelo que están siendo transformados y tiene una asignación (*mapping*) de uno a uno con una firma de la operación que implementa el Operational Mapping o la Black-box.

- *Epsilon transformation language ETL* [10, 12]. Es un lenguaje de transformación modelo a modelo basado en reglas, construido sobre Epsilon Object Language. Provee todas las características estándar de un

lenguaje de transformación y también flexibilidad ampliada siendo capaz de transformar muchos modelos de entrada a muchos modelos de salida, al igual que consultarlos, navegarlos y modificarlos. Es un lenguaje híbrido, que proporciona reglas declarativas con cuerpos imperativos.

- *Acceleo* [11]. Es un generador de código Open Source creado por la compañía francesa OBEO. Diseñado para complementar los beneficios de la tecnología MDA, mediante el incremento de la productividad durante el desarrollo de software. Permite la generación de archivos usando módulos UML, MOF y EMF. En la Figura 5 se muestra una representación de la arquitectura de Acceleo.

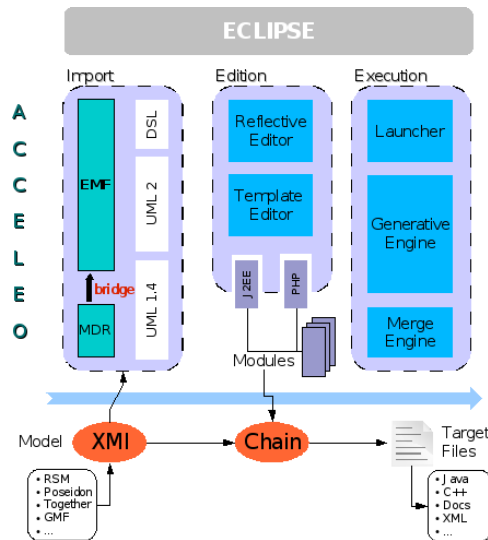


Figura 5. Relaciones entre los componentes de Acceleo [11]

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El caso de estudio está enmarcado dentro del dominio de los juegos de laberinto. De tal forma que podemos definir uno o varios escenarios que comparten los mismos elementos estructurales:

- Un tablero sobre el cual se van a desplegar los elementos del juego.
- Unos elementos de juego de tipo activos, todos aquellos que poseen algún tipo de comportamiento el cual se evidencia mediante la modificación de uno o varios de sus atributos y de tipo pasivos, aquellos que no poseen comportamiento alguno por ejemplo muros sobre el tablero.
- Un player o jugador, que a su vez es un elemento activo y representa el personaje principal del juego.

La caracterización del juego también involucra una definición de reto por medio del cual se pretende que el jugador cumpla con el objetivo del juego.

En todos los casos el personaje principal deberá desplazarse por un laberinto y tratará de cumplir con su objetivo para poder ganar el juego o acumular puntos, esos objetivos pueden ser: recolectar otros elementos, encontrar una salida, destapar algunas claves, empujar otros elementos, etc. Ejemplos bastante conocidos son Bomber Man y Pack Man. Finalmente, se logró construir de manera semi automática un juego en particular, con un desarrollo basado en modelos y soportado sobre una Model Transformation Chain (MTC). Para fines prácticos, los artefactos serán referidos como:

- Metamodelo del negocio MMN
- Modelo de negocio conforme con MMN mN
- Metamodelo de la arquitectura del juego MMA
- Modelo de arquitectura conforme con MMA mA

Para desarrollar el proyecto se utilizó un proceso iterativo e incremental, durante el cual se ejecutaron las siguientes actividades:

### 3.1 Definición del metamodelo del negocio MMN

Está constituido por los conceptos inferidos a partir de la especificación del juego y desde el punto de vista de los especialistas del dominio. En la Figura 6 se muestra el metamodelo obtenido que fue elaborado usando Eclipse Modeling Framework SDK EMF, usado para modelar modelos de dominio, distingue entre el metamodelo y el modelo actual. El metamodelo describe la estructura del modelo y un modelo es la instancia de este metamodelo. EMF proporciona un framework para almacenar la información del modelo, por defecto emplea XML Metadata Interchange XMI para persistirlo. Actualmente, EMF está basado en dos metamodelos: Ecore y Genmodel. El metamodelo Ecore contiene la información acerca de las clases definidas y permite definir diferentes elementos (EClass, EAttribute, EReference, EDataType). El Genmodel contiene información adicional para la generación de código.

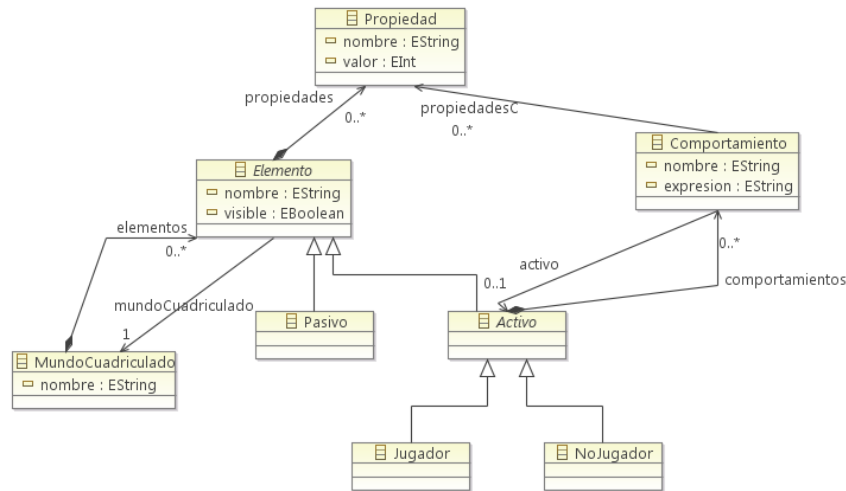


Figura 6. Metamodelo del negocio

### 3.2 Creación de un modelo del juego conforme al metamodelo del negocio mN

EMF proporciona la facilidad de crear una instancia del metamodelo anterior con el fin de configurar nuestro modelo de juego particular. A continuación, se ilustra el contenido del archivo XMI de un ejemplo de juego en particular. Un ejemplo de contenido correspondiente al archivo XMI del modelo creado es el siguiente:

```
<?xml version="1.0" encoding="ASCII"?>
<JUEGO:MundoCuadrulado xmi:version="2.0"
xmlns:xmi="http://www.omg.org/XMI"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:JUEGO="/Juego2Arquitectura/Metamodelos/Juego.ecore"
xsi:schemaLocation="/Juego2Arquitectura/Metamodelos/Juego.ecore
/Juego2Arquitectura/Metamodelos/Juego.ecore"
nombre="MundoPackman">
<elementos xsi:type="JUEGO:jugador" nombre="Mijugador" visible="true" mundoCuadrulado="/">
<propiedades nombre="posX"/>
<propiedades nombre="posY"/>
<propiedades nombre="numCookies"/>
<comportamientos nombre="moveUp"
propiedadesC="//@elementos.0/@propiedades.1"expresion="+1"/>
<comportamientos nombre="moveDown"
propiedadesC="//@elementos.0/@propiedades.1" expresion="-1"/>
<comportamientos nombre="moveRight"
propiedadesC="//@elementos.0/@propiedades.0" expresion="+1"/>
<comportamientos nombre="moveLeft"
propiedadesC="//@elementos.0/@propiedades.0" expresion="-1"/>
<comportamientos nombre="collectCookies"
propiedadesC="//@elementos.0/@propiedades.2"expresion="+1"/>
</elementos>
</JUEGO:MundoCuadrulado>
```

### 3.3 Definición del metamodelo de la arquitectura MMA

Para este modelo se adicionan conceptos propios de la arquitectura de implementación del juego tales como la adopción el patrón Modelo Vista Controlador MVC. Este es un clásico patrón de diseño que permite separar la funcionalidad del modelo de negocio de la presentación y lógica de control que usa esta funcionalidad. En la Figura 7 se ilustra el metamodelo propuesto.

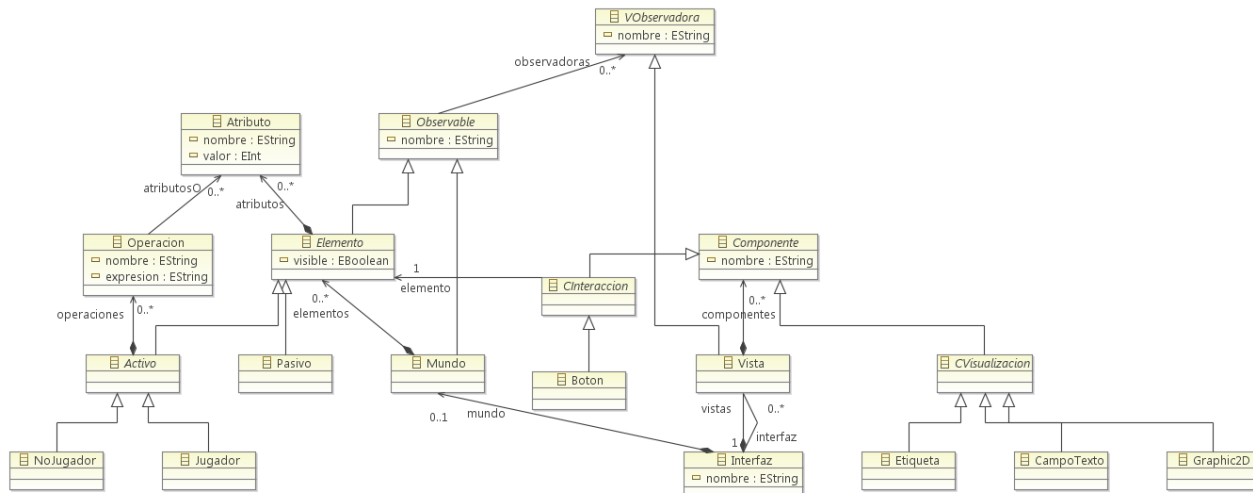


Figura 7. Metamodelo de la arquitectura del juego

### 3.4 Transformación del modelo conforme MMN al modelo conforme con MMA

Usando ATL se realizó la primera transformación modelo a modelo, que permitió obtener una instancia de metamodelo conforme con MMA, partiendo de un modelo de entrada mN conforme con MMN, a continuación, en la Figura 8 se ilustra un ejemplo de regla aplicada durante la transformación y el archivo XMI del modelo generado como resultado de la transformación.

```
module transformation;
create OUT1 : Arquitectura from IN : Juego;

rule MundoCuadrulado2Mundo {
  from
  j : Juego!MundoCuadrulado
  to
  a : Arquitectura!Mundo (
    nombre <- j.nombre,
    elementos<-j.elementos
  ),
  i1 : Arquitectura!Interfaz(
    nombre <- 'Interfaz' + j.nombre,
    mundo<-a,
    vistas<-Set{v2}
  ),
  v2 : Arquitectura!Vista(
    nombre <- 'Panel' + j.nombre,
    componentes<-c1v2
  ),
  c1v2 : Arquitectura!Graphic2D(
    nombre <- 'Componente G2D'
  )
}
```

Figura 8. Ejemplo de la transformación generada

### 3.5 Transformación del modelo a texto (Código fuente)

En este paso se utilizó Acceleo, el cual es una potente herramienta para generar el código fuente del juego. Dentro de sus características principales se cuenta: es de tipo Open Source, tiene completa integración dentro de Eclipse, uso nativo de EMF, provee un amigable entorno de edición y desarrollo, entre otros. En la Figura 9 se ilustra un ejemplo del uso de Acceleo como generador de código y una parte del código fuente generado por la herramienta.

```

generate.mtl
[comment encoding = UTF-8 /]
[module generate('/Juego2Arquitectura/Metamodelos/Arquitectura.ecore')]

[template public generate(i : Interfaz)]

[comment @main /]
[file (i.nombre.toUpperFirst()+'.java', false, 'UTF-8')]
package org.eclipse.acceleo.module.juegoarq2text.codigoGenerado:

import java.awt.BorderLayout;
import javax.swing.JFrame;

public class [i.nombre.toUpperFirst()] extends JFrame
{
    private Laberinto [ mundo.nombre.toLowerFirst() /];

    [for (att:Vista | vistas)]
        private [att.nombre.toUpperFirst()] [ att.nombre.toLowerFirst() /];
    [/for]
}

```

Figura 9. Ejemplo de Código fuente generado con Acceleo

Como resultado del proyecto se logró en primera instancia tipificar el modelamiento de este tipo de proyectos de desarrollo de software. A partir de estos modelos es posible estandarizar el diseño de las aplicaciones y más importante aún, poder asegurar que el código finalmente obtenido sea consistente a los diseños propuestos en las etapas tempranas del proceso de desarrollo.

Por otro lado, se presenta un balance de la cantidad de líneas de código requeridas en la implementación de un juego tomado como ejemplo. Para este caso de prueba, la funcionalidad está definida por un elemento de tipo jugador que tiene la capacidad de desplazarse por un laberinto respondiendo su movimiento a un control dirigido cuando se presiona alguno de los botones desplegados en un panel de botones dentro de la interfaz. En la Tabla 1 se describen los resultados obtenidos.

Tabla 1. Número de líneas de Código en Java del juego implementado

Class Name	Líneas de código
InterfazMundoPackman.java	39
PanelControles.java	59
PanelEstadísticas.java	37
PanelMundoPackman.java	29
Jugador.java	33
Laberinto.java	36
Total	233

Una vez elaborada la plantilla de generación de código se pudo automatizar la producción de 183 líneas de código las cuales independientemente de la modelo entrada que representa una instancia de un juego en particular, se actualizarán con la información correspondiente, para generar un código nuevo de la aplicación.

Esto representa una ganancia aproximada del 78%. El porcentaje restante está constituido por elementos que en el momento no estaban contemplados dentro del alcance de modelamiento para este trabajo, pero que en una versión posterior es posible incluirlos de tal forma que la automatización sea cercana al 100%.

Además de las ventajas evidentes respecto al ahorro en la generación manual de líneas de código, un elemento importante a considerar es evaluar el rendimiento en cuanto aspectos propios e inherentes al mismo proceso de programación, que de forma directa se ven beneficiados, por ejemplo, cantidad de defectos, tiempo de localización y corrección de defectos, calidad del producto generado, entre otros.

#### 4. CONCLUSIONES

Es posible incrementar el rendimiento en el desarrollo de aplicaciones usando el enfoque de cadena de transformación de modelos dentro del marco establecido por MDA.

El caso de estudio que se empleó para realizar la validación puede fácilmente proyectarse a otros dominios, incluso más complejos que permitan abordar y estudiar otros aspectos de impacto complementarios a los que fueron tratados en este documento.

En la medida que el tamaño de un proyecto aumente, de igual forma los beneficios logrados y que fueron demostrados en este documento, deberán incrementarse. Por tanto, se propone aplicar este enfoque a aplicaciones más robustas para evaluar los resultados y contrastarlos con otros, obtenidos mediante el empleo de técnicas tradicionales para el desarrollo de software.

Por otro lado, se propone analizar otras métricas, además de la cantidad de líneas de código generadas. Lo cual permitirá validar el enfoque de las cadenas de transformación de modelos desde otros puntos de vista.

## REFERENCIAS

- [1] Bézin J. y Gerbé O. (2001). Towards a precise definition of the OMG/MDA Framework. En ASE Automated Software Engineering.
- [2] Bézin J. (2005). On the unification power of models. Software and Systems Modeling. En ASE Automated Software Engineering.
- [3] Bézin J. et al. (2003). MDA components: Challenges and Opportunities. Metamodelling for MDA. En First International Workshop Proceedings. York, UK.
- [4] Bézin J. (2004). Search of a basic principle for model driven engineering. Novática 5(2).
- [5] Judson S. et al. (2003). Specifying model transformations at the metamodel level. Alfa.
- [6] Wensheng W. (2005). Evaluation of UML Model Transformation Tools. Business Informatics Group.
- [7] Kleppe A. (2003). MDA Explained- The Model-Driven Architecture: Practice and Promise. Omega.
- [8] Eclipse Foundation. (2018). Eclipse Project Documentation, User guide. ATL ver. 4.0.1. 2018-12-10.
- [9] Object Management Group. (2016). MOF Query/View/Transformation Specification Version 1.3.
- [10] Eclipse Foundation. (2018). Eclipse Project Documentation. ETL, ver. 1.5. 2018-18-01.
- [11] Eclipse Foundation. (2019). Eclipse Project Documentation. Acceleo, ver. 3.7.8. 2019-03-20.
- [12] OMG. (2014). MDA Guide rev. 2.0.
- [13] Kolovos D. et al. (2018). The Epsilon Book. Elsevier.

# Gestión del mantenimiento: Una caracterización de las fallas de vehículos de carga terrestre

Laura Alejandra Rubio Torres<sup>1</sup>  
Charles Fernando Siolo Mangones<sup>2</sup>  
Diana Karina López Carreño<sup>3</sup>  
Arturo Yesid Córdoba Berrio<sup>4</sup>  
Campo Eli Castillo Eraso<sup>5</sup>  
Néstor Gabriel Forero Saboya<sup>6</sup>  
Ofelia Barrios Vargas<sup>7</sup>  
*Universidad de Cundinamarca, Colombia*

En el contexto de la Ingeniería Industrial y las cambiantes dinámicas del siglo XXI, se plantea establecer: ¿cómo integrar un sistema para la predicción de fallas derivadas de la operación y el mantenimiento de vehículos de carga en MiPymes transportadoras, para, a partir de escenarios simulados, contribuir al proceso de toma de decisiones asertivas en la materia? Para abordar este interrogante se llevó a cabo una investigación colaborativa, con la participación de diferentes actores de organizaciones dedicadas a logística de transporte: las empresas Solutrans Logistic y Boom Logistic. Este estudio de caracterización, apoyado por un análisis profundo de la literatura relevante, involucró una muestra de 21 conductores colombianos, abarcando encuestas y entrevistas cuyos participantes cuentan con experiencia y amplia trayectoria en el sector del transporte de carga. Los resultados resaltan la necesidad apremiante de implementar prácticas de mantenimiento regulares y efectivas en vehículos de carga, para garantizar su rendimiento óptimo y la seguridad de los conductores en las vías. El diseño de una aplicación web innovadora, basada en los requerimientos establecidos con apoyo de los juicios de especialistas, podrá constituirse en una herramienta valiosa para identificar y aplicar las variables clave que impactan en el mantenimiento adecuado de los vehículos de carga. Esta herramienta, impulsada por la optimización y la eficiencia, tiene el potencial de revolucionar la gestión del mantenimiento en la industria del transporte de carga, mejorando la planificación y reduciendo los tiempos de inactividad.

---

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Industrial. Contacto: [lalejandrarubio@ucundinamarca.edu.co](mailto:lalejandrarubio@ucundinamarca.edu.co)

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Industrial. Contacto: [csiolo@ucundinamarca.edu.co](mailto:csiolo@ucundinamarca.edu.co)

<sup>3</sup> Magister en Ingeniería Industrial. Contacto: [dklopez@ucundinamarca.edu.co](mailto:dklopez@ucundinamarca.edu.co)

<sup>4</sup> Ingeniero industrial y Magister en Ingeniería Industrial. Contacto: [acordobab@ucundinamarca.edu.co](mailto:acordobab@ucundinamarca.edu.co)

<sup>5</sup> Ingeniero de sistemas y Especialista en Gerencia Informática. Contacto: [celicastillo@ucundinamarca.edu.co](mailto:celicastillo@ucundinamarca.edu.co)

<sup>6</sup> Ingeniero industrial y Magister en Ingeniería Industrial. Contacto: [ngforero@ucundinamarca.edu.co](mailto:ngforero@ucundinamarca.edu.co)

<sup>7</sup> Doctora en Administración. Contacto: [ofelia.bvargas@lcardenas.tecnm.mx](mailto:ofelia.bvargas@lcardenas.tecnm.mx)



## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es de vital importancia contar con herramientas de control de mantenimiento en vehículos de carga para las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas MiPyme. Estas herramientas no solo impactan en la eficacia operativa, sino que también desempeñan un papel crucial en la seguridad vial, lo que conlleva implicaciones de gran trascendencia en ambas áreas.

Dentro de este marco, el juicio de especialistas emerge como un pilar fundamental en la toma de decisiones en esta área de investigación. Según la definición de Escobar y Cuervo [1], el juicio pericial representa la opinión fundamentada de individuos con experiencia en un ámbito específico. Estos especialistas son seleccionados meticulosamente, considerando aspectos como su experiencia en la toma de decisiones basadas en evidencias, su reputación, disponibilidad, imparcialidad y cualidades personales. Otros estudios, como el de McGartland [2], resaltan la importancia de la publicación y la experiencia como criterios relevantes. Por otro lado, también se explora la relación entre la educación y la experiencia [1].

En esta perspectiva, la contribución de los conductores experimentados en la operación de vehículos de carga adquiere una relevancia fundamental. Estos conductores brindan una perspicacia valiosa sobre las condiciones reales en las que operan los vehículos y pueden identificar problemas recurrentes que podrían pasar inadvertidos en los registros técnicos.

La visión presentada por [2] subraya la importancia de tomar decisiones informadas en el mantenimiento y la necesidad de combinar datos con la experiencia de especialistas para optimizar las estrategias de mantenimiento. [6] ahonda en el ámbito de negocios y finanzas para analizar el panorama actual del servicio de transporte de carga. En medio de circunstancias cambiantes y necesidades en evolución, se ha vuelto crucial para las empresas obtener un mayor control en los tiempos de traslado, reducir costos y garantizar la seguridad en la distribución de sus mercancías [6].

Desde sus inicios, las MiPyme que dependen del transporte de carga han enfrentado retos constantes en su búsqueda por garantizar operaciones fluidas y optimizar la eficiencia de sus vehículos [6]. En este contexto, la Universidad de Cundinamarca llevó a cabo un estudio en colaboración con 21 conductores experimentados de las empresas Solutrans Logistic y Boom Logistic, así como el director de Logística de Transporte. El objetivo central de este estudio es identificar elementos cruciales en la gestión del mantenimiento de vehículos de carga terrestre, actuando como indicadores predictivos de posibles fallos. La información recolectada a través de este estudio se utilizó en el desarrollo de un aplicativo innovador basada en los resultados.

Por otra parte, según la Organización de las Naciones Unidas ONU, en 2018 se estima que para el año 2050, alrededor del 68% de la población mundial residirá en zonas urbanas, un incremento considerable frente al actual 55%. Como resultado, se anticipa un aumento en la demanda de transporte de mercancías en entornos urbanos. En América Latina, el transporte de mercancías por carretera es responsable del 90% de la distribución de productos, superando el 50% en el caso específico de México. Además, se pronostica un aumento anual promedio del 5,4% en esta actividad. El transporte urbano de mercancías es un pilar económico y social, sustentando el estilo de vida de la ciudad y siendo esencial en las actividades comerciales e industriales. Por ende, es fundamental para la generación de riqueza y competitividad, impactando en los costos de los productos básicos [4].

En este contexto, en [3] presentan un avance significativo en la tecnología de control y mantenimiento. Esto facilita un enfoque interdisciplinario que optimiza la eficiencia de los vehículos de carga, incorporando conceptos de tecnología 4.0 como analítica de Big Data, computación en la nube, Internet de las cosas y sistemas ciber físicos para abordar las demandas actuales. Ante este panorama, resulta indispensable contar con herramientas y sistemas que permitan el análisis riguroso de datos para respaldar decisiones sólidamente fundamentadas [3].

Considerando estos elementos, esta investigación explora la importancia de las herramientas de control de mantenimiento en vehículos de carga para las MiPyme, tomando en cuenta la perspectiva de especialistas,

la experiencia de los conductores y los avances tecnológicos, con el fin de mejorar la gestión y eficiencia de estos vehículos. Este panorama plantea interrogantes clave que deben ser abordados para identificar los factores determinantes en la creación de una herramienta de control del mantenimiento que optimice procesos, reduzca costos y amplifique la competitividad de las empresas:

- ¿Cuáles son las variables críticas que influyen en el control del mantenimiento de los diversos sistemas en los vehículos de carga?
- ¿De qué forma pueden optimizarse los procesos de mantenimiento a través de la identificación y gestión adecuada de las particularidades específicas de estos sistemas, considerando la experiencia de los conductores y la perspectiva del director logístico?
- ¿Cómo puede contribuir la implementación de tecnologías de la información y el análisis de datos a una mayor eficiencia en el mantenimiento de sistemas y, en consecuencia, a la reducción de costos operativos?

Por lo mencionado anteriormente, las herramientas de control de mantenimiento en vehículos de carga adquieren una relevancia necesaria para las MiPyme, aportando a la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de sus operaciones. Este enfoque, orientado a la recopilación, análisis y caracterización de datos, amalgamado con la perspectiva de los conductores y el director logístico, busca desentrañar preguntas cruciales en torno a la optimización de los procesos de mantenimiento en vehículos de carga. Algunos interrogantes se centran en la identificación de variables críticas que afectan el mantenimiento, la optimización de procesos considerando las especificidades de los sistemas, y cómo la sinergia entre tecnologías de la información y el análisis de datos puede catalizar la eficiencia y reducir costos operativos.

Este análisis, realizado por la Universidad de Cundinamarca y materializado una colaboración entre la academia y la industria, refleja la importancia de adaptarse y adoptar soluciones innovadoras para abordar los desafíos presentes y futuros en la administración de vehículos de carga en el ámbito de las MiPyme. Este capítulo presenta los resultados de la investigación realizada por especialistas y se centra en las respuestas a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los requerimientos específicos de mantenimiento que enfrentan los vehículos de carga en las MiPyme y cómo estos requerimientos podrían variar según los tipos de carga y las condiciones de operación?
2. ¿De qué manera pueden incorporarse las mejores prácticas de ingeniería industrial en la recopilación y análisis de datos para tomar decisiones fundamentadas en el mantenimiento de vehículos de carga?
3. ¿Cuáles son los sistemas y componentes clave en los vehículos de carga que requieren un enfoque de mantenimiento proactivo y cómo se puede determinar su prioridad?
4. ¿Cómo se planea gestionar eficazmente la herramienta de control de mantenimiento para minimizar la inmovilización de vehículos y, en consecuencia, reducir los costos asociados a la interrupción de operaciones?

## 2. MÉTODO

La metodología usada en esta investigación se basó en un enfoque exploratorio riguroso para analizar los sistemas y posibles fallas en vehículos de carga. Se usaron dos fuentes principales de información: recopilación de datos secundarios confiables y recolección de datos primarios a través de especialistas.

Durante la fase inicial, se llevó a cabo la recopilación de información secundaria proveniente de libros, artículos y tesis con el propósito de cimentar una base sólida y así identificar los sistemas clave en vehículos de carga que podrían ser susceptibles a posibles fallos. Un ejemplo ilustrativo es la norma ISO 26262 2018, un estándar internacional ampliamente reconocido en la industria automotriz. Su aplicación se orienta hacia la seguridad funcional de los sistemas electrónicos en vehículos y fue concebida con el fin de establecer un marco de trabajo que asegure la integridad en el diseño y desarrollo de sistemas electrónicos para vehículos. Este marco posee una destacada orientación para prevenir fallos que puedan causar consecuencias potencialmente peligrosas.

Esta revisión bibliográfica profundizó en la complejidad intrínseca de los sistemas y las posibles fuentes de fallos. El Reglamento Técnico Aplicable a Sistemas de Frenos o sus Componentes para uso en Vehículos Automotores o en sus Remolques en Colombia, del Ministerio de Trabajo y la Agencia Nacional de Seguridad, bajo la responsabilidad del análisis de la Dirección de Infraestructura y Vehículos y la Oficina Asesora Jurídica, resalta la importancia crítica de los sistemas de frenado. Este reglamento considera el sistema de frenos como un componente esencial dentro del triángulo de seguridad vehicular, que también incluye neumáticos y amortiguadores.

La función primordial del sistema de frenado es permitir al conductor detener el vehículo de manera segura en la distancia más corta posible, sin importar las diversas condiciones y tipos de superficies de la vía. Los sistemas de frenado más comunes abarcan los frenos de disco y los frenos de tambor. La siguiente fase, Recolección de Información Primaria, se realizó a través de dos tipos de especialistas:

1. *Especialistas en Mantenimiento y Operación de Entregas:* Contamos con especialistas en mantenimiento y operaciones de entrega, que aportan información clave respecto a su experiencia en la gestión de vehículos de carga. El decreto No. 173 de 2001 enfatiza la importancia del mantenimiento para prevenir fallos en componentes críticos. Requiere una certificación del representante legal, validando un programa de revisión y mantenimiento preventivo para los equipos de la empresa destinados al servicio.
2. *Especialistas en Operación de Transporte y Detección de Fallas:* Personas con experiencia en la operación de vehículos de carga. Los conductores, con formación técnica en prevención de fallos y mantenimiento, han identificado posibles problemas en el motor, fuente clave de energía vehicular. Los motores térmicos de combustión interna y explosión, que convierten el combustible en trabajo mecánico, desempeñan un papel vital. El análisis destaca la importancia de la formación y el mantenimiento.

Se obtuvieron datos primarios mediante un cuestionario elaborado con los especialistas. Se recopilaron detalles sobre trabajadores, vehículos, mantenimiento y fallas experimentadas, así como aspectos temporales como tiempo de reparación y costos.

Posteriormente, para abordar el desafío planteado, se llevó a cabo un proceso de simulación utilizando Vensim, una herramienta de modelado y simulación ampliamente reconocida que brinda la capacidad de visualizar y analizar las relaciones causales y complejas que existen entre variables en una variedad de sistemas. Esta simulación se basó en los diagramas de causa y efecto que se derivaron de la fase de caracterización realizada durante la investigación.

Estos diagramas, que fueron construidos a partir de información recolectada tanto de fuentes primarias como secundarias, demostraron ser componentes fundamentales para el proceso. Su utilidad radicó en la identificación y visualización de las conexiones causales entre los diversos factores y las posibles fallas en los sistemas mecánicos de los vehículos de carga. La simulación realizada en Vensim se enriqueció mediante la integración de estos diagramas de causa y efecto. Esta combinación permitió desarrollar modelos matemáticos que capturaron la interacción altamente compleja entre las variables y los componentes del sistema. Esta conjunción entre la plataforma de simulación y los diagramas de causa y efecto posibilitó un análisis profundo y detallado.

En cuanto a los resultados lógicos obtenidos, la simulación arrojó una serie de conclusiones fundamentales. Primero, permitió identificar las causas subyacentes que podrían llevar a fallos potenciales en los sistemas mecánicos de los vehículos de carga. Además, la simulación exploró una amplia gama de escenarios de fallo, revelando cómo diferentes combinaciones de factores podrían interactuar y desencadenar problemas en el funcionamiento de los vehículos.

La simulación también posibilitó el análisis del impacto individual de las variables, la detección de patrones recurrentes de fallo y la optimización de estrategias de mantenimiento. Al mismo tiempo, proporcionó una plataforma para evaluar cómo posibles mejoras y soluciones podrían influir en la mitigación de fallos y en

la mejora general de la confiabilidad y seguridad de los vehículos de carga en diversas condiciones operativas.

### **3. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

#### **3.1 Análisis informativo y contextual de sistemas de transporte de carga, importancia del mantenimiento y predicción de fallas**

En este proyecto, se presenta una investigación minuciosa sobre la predicción y mitigación de fallos en sistemas mecánicos, eléctricos y de suspensión en vehículos de carga, con un enfoque particular en las MiPyme involucradas en el transporte de carga. El objetivo fundamental es impulsar la competitividad y eficiencia en este sector crucial, aprovechando enfoques avanzados de mantenimiento predictivo y herramientas de simulación, como el software Vensim. Esta colaboración fructífera entre la academia y la industria busca transformar la operación y el mantenimiento en el transporte de carga.

La recolección y análisis de la información se fundamentó identificar como la cantidad de kilómetros recorridos, la presión del aceite, el rendimiento de los turbos compresores, el estado de las llantas, así como el funcionamiento de los frenos y los amortiguadores se relacionan con la aparición de una falla. Estos datos son esenciales para la identificación temprana de posibles fallas y el desgaste prematuro en los vehículos de carga. Con la aplicación de avanzadas técnicas de análisis de datos, se pueden identificar indicios de problemas y proponer acciones preventivas para optimizar el funcionamiento de los vehículos y potenciar al máximo su eficiencia operativa.

El proyecto se fundamenta en el análisis de los posibles fallos en los sistemas mecánicos de los vehículos de carga, como los tractocamiones. Algunos autores exploran cómo estos vehículos operan mediante la fuerza de un motor y requieren varios sistemas mecánicos para cumplir funciones específicas. En primer lugar, se necesita un motor que proporcione la energía de desplazamiento. Posteriormente, un sistema de transmisión lleva esta energía a las ruedas, que al adherirse al suelo generan el movimiento. Junto a esto, la estabilidad y comodidad se obtienen a través del sistema de suspensión, mientras que el sistema de dirección guía el vehículo según la trayectoria deseada. Finalmente, los frenos permiten disminuir la velocidad y detener el vehículo.

Al enfocarse en el motor, un componente crítico que requiere control riguroso, se realiza un ajuste automático de la relación de compresión para prevenir excesivas temperaturas y presiones cuando opera bajo cargas elevadas. Esta medida protege la integridad de los cilindros y reduce las emisiones de NOx en cada ciclo, lo que contribuye a la preservación ambiental. Es importante resaltar que esta adaptación en la relación de compresión no afecta negativamente el rendimiento, ya que las altas cargas son más comunes en la conducción en carretera, donde se requiere menos potencia.

Además, resulta crucial considerar factores adicionales que influyen en los posibles fallos del motor. Elementos como el desgaste interno de componentes, la insuficiente lubricación y la calidad del combustible tienen un impacto directo en la durabilidad y eficiencia del motor. La lubricación juega un papel fundamental, ya que un motor sin el adecuado aceite lubricante está en riesgo de sufrir daños irreparables. Incluso en un motor bien lubricado, aproximadamente el 20% de la energía generada se pierde debido a la fricción entre las piezas. Las fluctuaciones de temperatura también afectan la viscosidad del aceite lubricante, influyendo en la calidad de la lubricación y, por ende, en la eficacia del motor [5].

De acuerdo con la norma ISO 13372 de 2012, el mantenimiento predictivo implica predecir fallos y tomar decisiones basadas en las condiciones del equipo para prevenir su degradación o fallo. Esta estrategia requiere el uso de tecnologías avanzadas y personal capacitado para integrar diversos indicadores, como datos de diagnóstico, rendimiento, historial y conocimientos de diseño. La medición de estos parámetros establece una relación predecible con el ciclo de vida de los componentes, considerando aspectos como la vibración de los cojinetes, la temperatura de las conexiones eléctricas y la resistencia del aislamiento de la bobina del motor. Al implementar este enfoque, se realizan lecturas periódicas hasta que el componente muestre signos de fallo. Por lo tanto, para establecer una estrategia efectiva de mantenimiento predictivo,

es necesario considerar minuciosamente estos factores y complementarla con una supervisión constante y detallada de las condiciones operativas. Esto resulta esencial para garantizar un funcionamiento óptimo y prolongar significativamente la vida útil de los motores.

En el mismo contexto, se ha identificado que la transmisión, crucial para transferir la potencia del motor a las ruedas, enfrenta desafíos específicos. Cambios bruscos y dificultades en el cambio de marchas pueden acelerar el desgaste prematuro de engranajes y componentes relacionados. La transmisión eficiente del movimiento desde el motor hasta las ruedas, lograda mediante el embrague, emerge como una faceta crítica, permitiendo al conductor mantener el control incluso en momentos de detención [7].

Por otra parte, según el Informe de Gestión de la Secretaría de Movilidad de la Alcaldía Municipal de Soacha (2020-2023), basado en un análisis de empresas de transporte en Cundinamarca, factores climáticos como el clima seco y las lluvias han demostrado ser riesgos que contribuyen a la siniestralidad en las carreteras. Aunque la condición climática no es la razón principal, sí aumenta la probabilidad de incidentes. Durante el primer semestre de 2021, la mayoría de los siniestros (82%) ocurrieron en condiciones secas, seguidas por condiciones de lluvia (15%). Estos problemas no solo repercuten en la eficiencia operativa, sino que también pueden resultar en costosos periodos de inactividad y reparaciones. En este contexto, adoptar un enfoque de mantenimiento predictivo que supervise constantemente el funcionamiento de la transmisión y detecte indicios de desgaste es crucial en la prevención de fallos y en la optimización de la operación de los vehículos de carga.

Asimismo, el sistema eléctrico, es fundamental en el vehículo de carga, ya que proporciona la energía necesaria para producir el encendido del motor junto con el sistema de luces, y es donde se encuentra el módulo de control eléctrico ECM, el cual procesa la información que recibe de los sensores y controla a los actuadores de presión de combustible para controlar la cantidad de combustible dosificado a cada grupo de inyectores. Es un componente crítico que requiere atención detallada para prevenir posibles fallos.

Cortocircuitos, problemas en el encendido y fallas en componentes eléctricos pueden causar interrupciones inesperadas en la operación del vehículo. El 45% de los incendios vehiculares se debieron a fallas mecánicas y más del 20% a problemas eléctricos. Estos incendios suelen comenzar en el motor, en la transmisión o las llantas. Aunque un pequeño porcentaje de muertes se atribuye a incendios cerca del depósito de combustible o en el área de pasajeros, en general, son menos letales que los causados por colisiones.

En este contexto, los vehículos más antiguos, especialmente con 10 años o más, presentan una mayor propensión a sufrir incendios debido al aumento del riesgo de fallas mecánicas o eléctricas. En casos de incendios en carreteras, es más probable que el fuego comience por la ignición de cables eléctricos o el aislamiento de estos, en comparación con otros factores. Por lo tanto, una estrategia de mantenimiento predictivo efectiva debe incluir un monitoreo constante de componentes eléctricos clave y la detección temprana de irregularidades.

Por otra parte, la suspensión desempeña un rol crucial en la comodidad, estabilidad y seguridad del vehículo. Uno de sus componentes vitales es el amortiguador, diseñado para amortiguar rápidamente las vibraciones inducidas por las cargas dinámicas de las ruedas. Estas oscilaciones del chasis son absorbidas, transformando la energía en calor y proporcionando un viaje confortable a los pasajeros (Carrasco, 2020). Posibles fallos en este sistema se manifiestan de diversas maneras, desde vibraciones inusuales hasta desgaste irregular de los neumáticos y pérdida de capacidad de amortiguación. La evolución de los componentes de la suspensión también ha sido constante, destacando el sistema de suspensión como uno con considerables avances en el tiempo.

En [8] encontraron una relación directa entre problemas en la suspensión de vehículos y la presión inadecuada de los neumáticos. Cuando los neumáticos no tienen suficiente aire, el consumo de combustible puede aumentar hasta un 10%. En un año, si se usa alrededor de 660 galones de gasolina, el ahorro aproximado es de \$200. Según este análisis, Estados Unidos desperdicia unos 2,8 mil millones de galones de gasolina al año debido a neumáticos mal inflados.

En [8] también se destaca que mantener la presión correcta en los neumáticos no solo aumenta la seguridad al conducir, sino que también puede alargar la vida útil de los neumáticos hasta en un 20%, equivalente a unos nueve meses más. Los neumáticos tienden a perder aire naturalmente, entre 3 y 9 psi al año en neumáticos nuevos. La mayoría de los conductores solo verifica la presión durante los servicios. En la Unión Europea, 5% lo verifica semanalmente, 15% cada dos semanas, 20% mensualmente, 25% cada dos meses y 35% nunca lo hace. Los especialistas de RME, tras analizar más de 52.400 autos, concluyeron que cada octavo vehículo con presión incorrecta está en riesgo de sufrir daños y problemas de seguridad.

Estos problemas pueden aumentar la fatiga del conductor y el riesgo de accidentes, por lo que un enfoque de mantenimiento predictivo que monitorea constantemente la suspensión es crucial.

Según el DANE, en 2023 el Índice de Costos del Transporte de Carga por Carretera ICTC mostró variaciones mensuales en diferentes grupos de costos. Los costos fijos y los peajes disminuyeron en -0,97%, mientras que los insumos, combustibles y las partes, piezas, servicios de mantenimiento y reparación aumentaron en un 0,03%, 0,38% y 0,52%, respectivamente [9]. Además, en 2022 el ICTC aumentó 8,06% en comparación con el mismo mes del año anterior.

Al analizar los grupos de costos, se observó que el grupo de insumos tuvo un aumento superior al promedio nacional en Colombia (13,36%), mientras que los grupos de partes, piezas, servicios de mantenimiento y reparación, combustibles, y costos fijos y peajes tuvieron aumentos por debajo del promedio nacional en Colombia (6,14%, 7,28% y 7,78%, respectivamente) [9].

Esto destaca la importancia del mantenimiento en el transporte de carga por carretera. Los costos de mantenimiento y reparación están aumentando por encima del promedio nacional. Un mantenimiento adecuado puede prevenir costosas averías y prolongar la vida útil de los vehículos, lo que impacta positivamente en la rentabilidad. Dado que los costos de combustible también están constantemente al alza, un buen mantenimiento puede mejorar la eficiencia en el consumo de combustible, reduciendo los costos operativos.

En términos de su impacto económico, los beneficios derivados de este proyecto trascienden las fronteras de las MiPyme, ejerciendo una influencia significativa en diversos sectores conexos. De acuerdo con algunos autores, se anticipa un constante crecimiento en el mercado global de mantenimiento predictivo, con una tasa de crecimiento anual promedio de 25,5% entre 2019 y 2024. Las proyecciones de este informe indican que para el año 2025 se estima que este mercado alcance aproximadamente 23 mil millones de dólares. Además, cada vez más industrias están adoptando técnicas de mantenimiento predictivo. Este enfoque se está volviendo popular en sectores como la infraestructura, los servicios de emergencia, las redes de transporte, las plantas de energía y los sistemas de comunicación.

En [10] se indica que el análisis de grandes cantidades de datos (Big Data) y el aprendizaje automático pueden ayudar a predecir cuándo es más probable que los equipos fallen, y cuándo es el mejor momento para realizar reparaciones y reemplazos de partes antes de que ocurran problemas.

Además, en [11] se explora cómo las pequeñas y medianas empresas Pyme pueden superar los retos económicos al implementar el mantenimiento predictivo. Para lograrlo, se utiliza una herramienta de programación de código abierto llamada lenguaje R. Esta herramienta ofrece métodos para analizar datos y aprender automáticamente, lo que ayuda a prever posibles fallas en los equipos. Estas predicciones se basan en datos en tiempo real recopilados por sensores de Internet de las Cosas IoT. La comunidad activa de usuarios y los recursos en línea relacionados con R permiten a las Pyme crear aplicaciones personalizadas para el mantenimiento predictivo, lo que a su vez mejora la eficiencia en las operaciones y facilita tomar decisiones informadas.

Asimismo, el sector logístico del transporte de carga por carretera puede mejorar la eficiencia y rentabilidad. La reducción del tiempo improductivo de los vehículos, por un enfoque de mantenimiento predictivo, puede afectar directamente los costos asociados con fallos imprevistos y la competitividad del sector. Un estudio de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo sobre cambio tecnológico y eficiencia logística en

el transporte de carga destaca cómo una disminución del 10 % en los tiempos inactivos puede aumentar el 5 % en la rentabilidad de las empresas de transporte de carga.

En el ámbito de predecir y reducir problemas en partes mecánicas, eléctricas y de suspensión en tractocamiones, ha habido un aumento en la investigación y desarrollo tecnológico en todo el mundo. La constante búsqueda de formas más eficientes, confiables y seguras de manejar los vehículos de carga ha llevado a proyectos similares en el pasado. Estos proyectos han utilizado diferentes enfoques, como usar herramientas de simulación o estrategias avanzadas de mantenimiento predictivo. En este sentido, es importante ubicar nuestro proyecto actual en este contexto y ver cómo los avances anteriores han preparado el terreno para la aproximación completa y cuidadosa que estamos proponiendo.

### 3.2 Fundamentación y preparación para el análisis de fallas en sistemas de vehículos de carga a través de la identificación de causas y cimiento para simulación

En este estudio, se ha realizado un análisis detallado de las posibles fallas en sistemas clave de tracto camiones, basado en una revisión exhaustiva de la literatura. Esta investigación establece la base para el desarrollo de un diagrama y simulación en Vensim, que permitirá modelar y comprender mejor el comportamiento de los sistemas analizados bajo diversas condiciones.

Se han creado siete diagramas de Ishikawa para ilustrar las causas potenciales de fallas en los sistemas de dirección, transmisión, suspensión, escape, motor, freno y eléctrico. Estos diagramas visualizan las fuentes identificadas a lo largo de la investigación y servirán como cimiento para el análisis posterior. El objetivo es no solo entender las causas de las fallas en cada sistema, sino también establecer las bases para estrategias efectivas de mantenimiento y mejora.

A continuación, se presentan los siete diagramas de Ishikawa, cada uno explorando las causas y factores que contribuyen a las fallas en los sistemas mencionados. Estos diagramas serán necesarios para la posterior creación del modelo de simulación en Vensim.

- *Fallas en el Motor.* En la Figura 1 se aprecia el diagrama de Ishikawa motor.

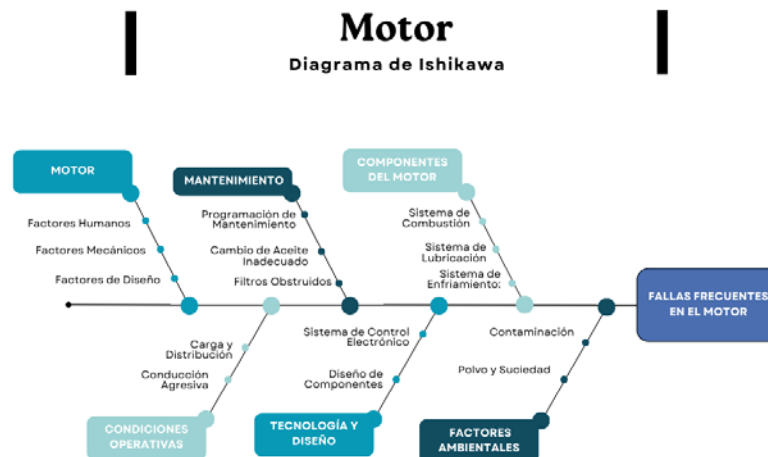


Figura 1. Diagrama de Ishikawa Motor

#### 1. Motor

- Factores Humanos: Mantenimiento inadecuado o mal manejo del motor.
- Factores Mecánicos: Desgaste excesivo de componentes del motor.
- Factores de Diseño: Diseño inapropiado del motor para condiciones de uso.

#### 2. Mantenimiento

- Programación de Mantenimiento: Intervalos irregulares de mantenimiento del motor.
- Cambio de Aceite Inadecuado: Aceite de baja calidad o intervalos prolongados entre cambios.
- Filtros Obstruidos: Filtros de aire o aceite obstruidos que afectan el rendimiento del motor.

3. Componentes del Motor
    - Sistema de Combustión: Problemas en bujías, inyectores o sistemas de encendido.
    - Sistema de Lubricación: Falta de lubricación adecuada o problemas con la bomba de aceite.
    - Sistema de Enfriamiento: Sobrecalentamiento debido a fallas en la bomba de agua o radiador.
  4. Condiciones Operativas
    - Carga y Distribución: Exceso de peso o distribución desigual de la carga que afecta el rendimiento.
    - Conducción Agresiva: Conducción a altas velocidades o aceleraciones bruscas.
  5. Tecnología y Diseño
    - Sistema de Control Electrónico: Fallas en sensores, módulos o unidades de control del motor.
    - Diseño de Componentes: Incompatibilidad entre diseño del motor y necesidades del camión.
  6. Factores Ambientales
    - Contaminación: Presencia de impurezas en el combustible que afectan la combustión.
    - Polvo y Suciedad: Acumulación de suciedad que obstruye componentes del motor.
- *Fallas en el Sistema de Frenos.* En la Figura 2 se muestra el diagrama de Ishikawa Frenos.



Figura 2. Diagrama de Ishikawa Frenos

1. Sistema de Frenos
  - Factores Humanos: Falta de capacitación en el manejo adecuado de frenos.
  - Factores Mecánicos: Desgaste excesivo de pastillas de freno.
  - Factores de Diseño: Inadecuada distribución de presión en el sistema de frenos.
2. Mantenimiento
  - Programación de Mantenimiento: Intervalos irregulares de revisión y mantenimiento.
  - Inspección Inadecuada: Falta de inspección detallada del sistema de frenos.
3. Componentes del Sistema de Frenos
  - Pastillas de Freno: Material de baja calidad o desgaste excesivo.
  - Discos de Freno: Desgaste desigual o deformaciones.
  - Sistema de Tubos y Conductos: Fugas de líquido de frenos.
  - Cilindros Maestros: Pérdida de presión debido a fugas.
4. Condiciones Operativas
  - Carga Excesiva: Sobrecarga del vehículo que exige un mayor esfuerzo de frenado.
  - Velocidad Inadecuada: Frenado brusco a altas velocidades.
  - Terreno y Clima: Frenado en pendientes pronunciadas o superficies resbaladizas.
5. Tecnología y Sensores
  - Sistemas de Asistencia al Frenado: Fallas en el sistema ABS o EBS.
  - Sensores de Presión: Mal funcionamiento de los sensores que monitorean la presión de frenado.



## 6. Factores Ambientales

- Corrosión y Oxidación: Daño a los componentes del sistema de frenos debido a condiciones ambientales agresivas.
- Contaminación del Líquido de Frenos: Presencia de humedad o impurezas en el sistema hidráulico.

- *Fallas en el Sistema de Suspensión.* En la Figura 3 se aprecia el diagrama de Ishikawa Suspensión.

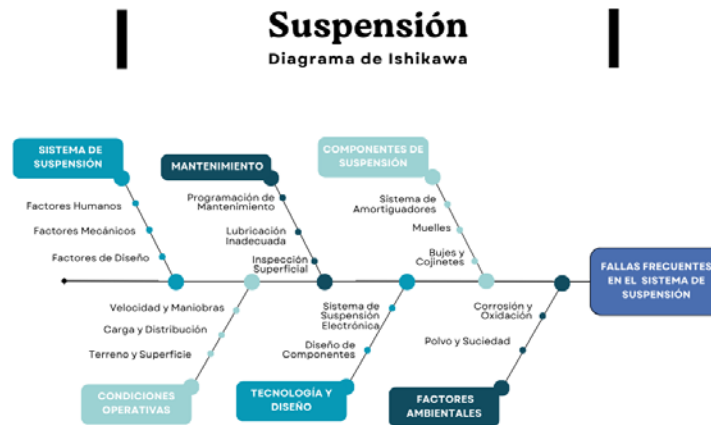


Figura 3. Diagrama de Ishikawa Suspensión

### 1. Sistema de Suspensión

- Factores Humanos: Conducción inadecuada en terrenos irregulares.
- Factores Mecánicos: Desgaste excesivo de componentes de suspensión.
- Factores de Diseño: Falta de adaptación a condiciones de carga variables.

### 2. Mantenimiento

- Programación de Mantenimiento: Intervalos irregulares de revisión y mantenimiento.
- Lubricación Inadecuada: Falta de lubricación en puntos críticos de la suspensión.
- Inspección Superficial: Ausencia de inspección detallada de componentes.

### 3. Componentes de Suspensión

- Amortiguadores: Desgaste de los amortiguadores o falta de absorción de impactos.
- Muelles: Fatiga de los muelles o rotura debido a cargas pesadas.
- Bujes y Cojinetes: Desgaste de los bujes y cojinetes que afectan la movilidad.

### 4. Condiciones Operativas

- Terreno y Superficie: Conducción en terrenos abruptos o irregulares.
- Carga y Distribución: Exceso de peso o distribución desigual de la carga.
- Velocidad y Maniobras: Conducción a altas velocidades o giros bruscos.

### 5. Tecnología y Diseño

- Sistema de Suspensión Electrónica: Fallas en sensores o componentes electrónicos.
- Diseño de Componentes: Incompatibilidad entre diseño de suspensión y características del camión.

### 6. Factores Ambientales

- Corrosión y Oxidación: Daño a los componentes de suspensión debido a condiciones ambientales agresivas.
- Polvo y Suciedad: Acumulación de suciedad que afecta el funcionamiento de los componentes.

- *Fallas en el Sistema de Dirección.* En la Figura 4 se observa el diagrama de Ishikawa Dirección.

### 1. Sistema de Dirección

- Factores Humanos: Mal manejo de la dirección en situaciones adversas.

- Factores Mecánicos: Desgaste excesivo de componentes de dirección.
- Factores de Diseño: Diseño inapropiado para condiciones de operación.



Figura 4. Diagrama de Ishikawa Dirección

## 2. Mantenimiento

- Programación de Mantenimiento: Intervalos irregulares de revisión y mantenimiento de dirección.
- Lubricación Inadecuada: Falta de lubricación en partes móviles de la dirección.
- Inspección Superficial: Falta de inspección detallada de componentes de dirección.

## 3. Componentes de Dirección

- Caja de Dirección: Desgaste de la caja de dirección o falta de ajuste.
- Barras de Dirección: Desgaste de las barras de dirección que afecta la respuesta.
- Amortiguadores de Dirección: Fallos en los amortiguadores que afectan la estabilidad.

## 4. Condiciones Operativas

- Conducción en Terrenos Irregulares: Impacto constante en terrenos abruptos.
- Maniobras Bruscas: Giros y maniobras rápidas que ponen tensión en el sistema de dirección.

## 5. Tecnología y Diseño

- Asistencia de Dirección Electrónica: Fallas en sensores o sistemas de asistencia de dirección.
- Geometría de Dirección: Desalineación de la geometría de dirección debido a diseño inadecuado.

## 6. Factores Ambientales

- Corrosión y Oxidación: Daño a componentes de dirección debido a la exposición a la humedad.
- Polvo y Suciedad: Acumulación de suciedad que afecta la operación de la dirección.

- *Fallas en el Sistema de Escape.* En la Figura 5 se muestra el diagrama de Ishikawa Escape.



Figura 5. Diagrama de Ishikawa Escape

## 1. Sistema de Escape

- Factores Humanos: Mantenimiento inadecuado o conducta de manejo desfavorable.

- Factores Mecánicos: Desgaste excesivo de componentes del sistema de escape.
- Factores de Diseño: Diseño inapropiado del sistema de escape para condiciones específicas.

## 2. Mantenimiento

- Programación de Mantenimiento: Intervalos irregulares de inspección y mantenimiento del sistema de escape.
- Sujeción Inadecuada: Falta de sujeción adecuada de los componentes del sistema de escape.
- Inspección Superficial: Inspección insuficiente de fugas y desgaste en el sistema de escape.

## 3. Componentes del Sistema de Escape

- Catalizador: Desgaste o daño en el catalizador que afecta la eficiencia.
- Tubos de Escape: Corrosión o agujeros en los tubos de escape.
- Silenciadores: Daño en los silenciadores que afecta la reducción de ruido.

## 4. Condiciones Operativas

- Cargas Pesadas: Sobrecarga del vehículo que ejerce tensión adicional en el sistema de escape.
- Arranque y Parada Frecuentes: Desgaste prematuro debido a ciclos frecuentes de encendido y apagado.

## 5. Tecnología y Diseño

- Sistemas de Control de Emisiones: Fallas en sensores o sistemas de control de emisiones.
- Diseño de Escape: Diseño inadecuado de rutas o tamaños de tubos de escape.

## 6. Factores Ambientales

- Corrosión y Oxidación: Daño a los componentes del sistema de escape debido a condiciones climáticas adversas.
- Contaminantes Químicos: Exposición a sustancias que pueden corroer el sistema de escape.

- *Fallas en el Sistema Eléctrico.* En la Figura 6 se aprecia el Diagrama de Ishikawa Eléctrico

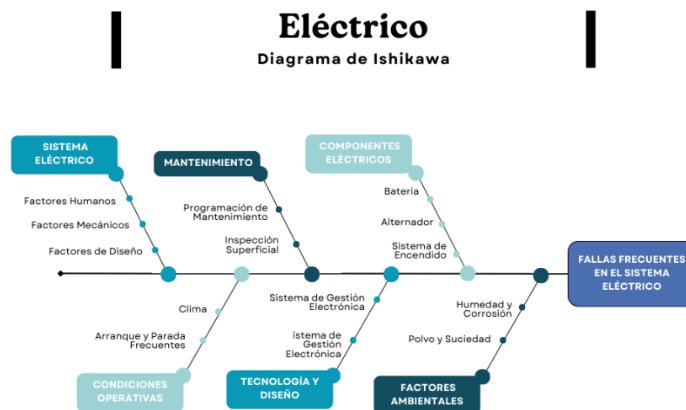


Figura 6. Diagrama de Ishikawa Eléctrico

## 1. Sistema Eléctrico

- Factores Humanos: Operación incorrecta de componentes eléctricos.
- Factores Mecánicos: Daño a cables y conexiones eléctricas.
- Factores de Diseño: Diseño inadecuado de circuitos eléctricos.

## 2. Mantenimiento

- Programación de Mantenimiento: Intervalos irregulares de revisión y mantenimiento eléctrico.
- Inspección Superficial: Falta de inspección detallada de conexiones y cables eléctricos.

## 3. Componentes Eléctricos

- Batería: Descarga de la batería o fallo en la carga.

- Alternador: Generación insuficiente de energía eléctrica.
- Sistema de Encendido: Problemas en bujías, cables o módulos de encendido.

#### 4. Condiciones Operativas

- Arranque y Parada Frecuentes: Desgaste prematuro de componentes eléctricos.
- Clima: Exposición a condiciones climáticas adversas.

#### 5. Tecnología y Diseño

- Sistema de Gestión Electrónica: Fallas en sensores, módulos o unidades de control.
- Cableado y Conexiones: Conexiones flojas o cables dañados.

#### 6. Factores Ambientales

- Humedad y Corrosión: Daño a componentes eléctricos debido a la exposición a la humedad.
- Polvo y Suciedad: Acumulación de suciedad que afecta la conductividad eléctrica.

- *Fallas en el Sistema de Transmisión.* En la Figura 7 se muestra el diagrama de Ishikawa Transmisión.

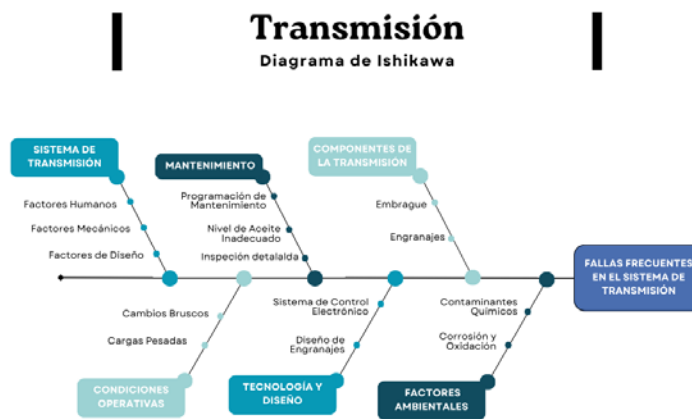


Figura 7. Diagrama de Ishikawa Transmisión

#### 1. Sistema de Transmisión

- Factores Humanos: Mal manejo de cambios y falta de conocimiento sobre la transmisión.
- Factores Mecánicos: Desgaste excesivo de componentes de la transmisión.
- Factores de Diseño: Diseño inadecuado de la transmisión para las necesidades del vehículo.

#### 2. Mantenimiento

- Programación de Mantenimiento: Intervalos irregulares de revisión y mantenimiento de la transmisión.
- Nivel de Aceite Inadecuado: Falta de aceite o uso de aceite de baja calidad en la transmisión.
- Inspección Detallada: Falta de inspección minuciosa de componentes de la transmisión.

#### 3. Componentes de la Transmisión

- Embrague: Desgaste o problemas en el embrague que afectan el cambio de marchas.
- Engranajes: Desgaste o daño en los engranajes de la transmisión.
- Árbol de Transmisión: Desbalance o daño en el árbol de transmisión.

#### 4. Condiciones Operativas

- Cambios Bruscos: Cambio de marchas repentinos y bruscos que ejercen presión en la transmisión.
- Cargas Pesadas: Sobrecarga del vehículo que aumenta la tensión en la transmisión.

#### 5. Tecnología y Diseño

- Sistema de Control Electrónico: Fallas en sensores o sistemas de control electrónico de la transmisión.
- Diseño de Engranajes: Diseño inadecuado de relaciones de engranajes.

## 6. Factores Ambientales

- Corrosión y Oxidación: Daño a componentes de la transmisión debido a la exposición a la humedad.
- Contaminantes Químicos: Exposición a sustancias químicas que pueden corroer la transmisión.

### 3.3 Optimización y caracterización de datos, análisis de fallas y costos en vehículos de carga

A continuación, se exponen los datos y el análisis conjunto derivados de la investigación centrada en las fallas y los costos que inciden en los vehículos de carga pesada en la industria. Este estudio se fundamenta en la recopilación y análisis de datos obtenidos de dos empresas prominentes en el sector logístico: Boom Logistics y Solutrans Logistics.

El propósito fundamental de esta investigación ha sido identificar los sistemas que desempeñan un rol fundamental en el funcionamiento de los vehículos de carga, así como realizar una evaluación detallada de los costos relacionados con dichas fallas. Los datos recopilados abarcan una amplia gama de variables y factores que influyen en el rendimiento y la operatividad de los vehículos.

El análisis conjunto de estos datos se complementa con gráficos claros y precisos. Estas representaciones visuales, resultantes del análisis integral, proporcionan una comprensión más accesible de los patrones y tendencias emergentes en los datos. Mediante estas gráficas, se pretende simplificar la comprensión de los desafíos que enfrentan los vehículos de carga pesada en términos de sistemas afectados y costos involucrados.

Un elemento esencial de este estudio ha sido la utilización de simulaciones para explorar diversos escenarios vinculados a las fallas y los costos identificados. Para este propósito, se empleó el software Vensim, lo que permitió modelar y simular la interacción de múltiples variables y componentes. Estas simulaciones brindan una visión prospectiva valiosa para comprender cómo podrían desarrollarse los problemas y cómo podrían influir en la operación.

Con base en los resultados obtenidos, se ha desarrollado un aplicativo práctico dirigido a MiPyme. Esta herramienta, construida sobre los datos proporcionados por Boom Logistics y Solutrans Logistics, tiene como objetivo anticipar y abordar de manera eficiente las fallas y los costos que afectan a los vehículos de carga pesada.

En la Figura 8 se observa la información relacionada con la experiencia de los 12 conductores entrevistados.

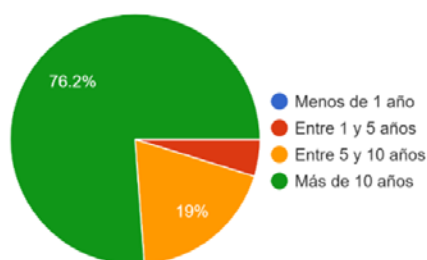


Figura 8. Experiencia de conducción

Dada la recolección de datos, se determina que el 76,2% de los encuestados lleva más de 10 años trabajando como conductores de vehículos de carga. Esto quiere decir que la mayoría de ellos cuenta con una amplia experiencia en la profesión Y que en su mayoría son personas muy adultas. Por otra parte, el 19% Cuenta con un rango de 5 a 10 años de experiencia y el 4,8% lleva de 1 a 5 años.

En relación con el mantenimiento de los vehículos (Figura 9), se evidencia que se realiza principalmente de forma preventiva ya que el porcentaje de mantenimiento correctivo es de 4,8%, lo que es bastante baja en comparación con el mantenimiento preventivo que es de 95,2%. Esto indica que se está gestionando eficazmente el mantenimiento de los vehículos y se están tomando medidas adecuadas para evitar problemas y averías inesperadas.

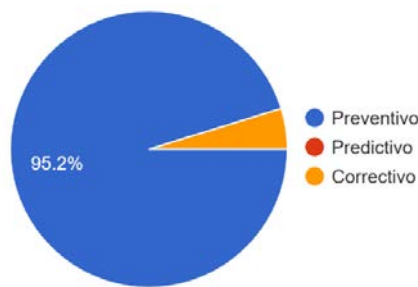


Figura 9. Tipo de mantenimiento

Por otra parte, en los resultados se determinó que entre las fallas más comunes en los vehículos de carga se encuentra el sistema eléctrico, frenos, suspensión y refrigeración (Figura 10). Estos sistemas tienden a presentar fallas y requieren de atención para ser reparadas periódicamente. Para garantizar el funcionamiento adecuado de los vehículos de carga de la empresa. Además, se puede identificar que durante una semana se presentan en promedio 6 vehículos con fallas esta cifra puede indicar que esto ocurre de forma regular y que la empresa debe estar preparada para afrontar estos problemas de forma eficiente y oportuna.

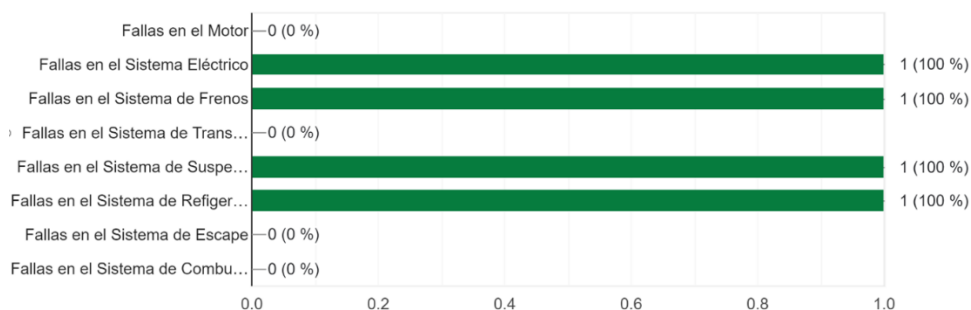


Figura 10. Fallas en los sistemas

Según los datos obtenidos, se puede evidenciar que el tiempo es necesario para reparar las fallas (Figura 11) varía según el sistema afectado, por lo que se evidencia que el motor y el sistema de transmisión requieren de más tiempo con un periodo mínimo 7 días. Sin embargo, las fallas en el sistema eléctrico y de suspensión se reparan en menos de un día, por el contrario, las fallas del sistema de refrigeración y de escape necesitan en promedio de 1 a 3 días para ser reparados. Por último, se evidencia que el sistema de combustible dura aproximadamente un día o menos en repararse.

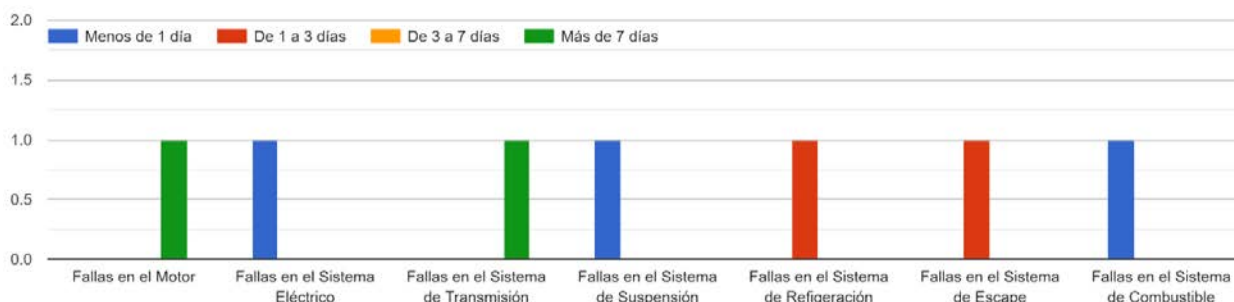


Figura 11. Tiempo promedio de reparación de fallas

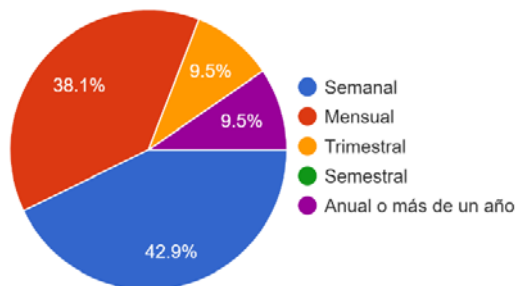
Además, según los datos obtenidos, el presupuesto anual destinado a la reparación de las fallas de los vehículos representa un porcentaje significativo de los recursos de la empresa (Figura 12). Estos porcentajes se encuentran entre el 10% y el 20%, por lo que se interpreta que se destina una parte importante de los recursos financieros a las fallas para garantizar el funcionamiento adecuado de los vehículos.

En los resultados obtenidos, se evidencia una frecuencia continua en el mantenimiento de los vehículos (Figura 13), ya que el 42,9% del mantenimiento se realiza de forma semanal y el 38,1% se hace de forma mensual. Esto indica que las empresas regulan el mantenimiento de forma constante. Así mismo, se logra evidenciar en un porcentaje menor de 9,5% que se hace mantenimiento trimestral y anualmente, esto

quiere decir que algunas reparaciones de mantenimiento requieren una frecuencia menor, como el cambio de líquidos o inspecciones más exhaustivas. Teniendo en cuenta estos porcentajes, se determina que el 80% del mantenimiento se realiza en intervalos relativamente cortos, lo que sugiere que las empresas consideran importante el control y la constante regulación sobre los vehículos.

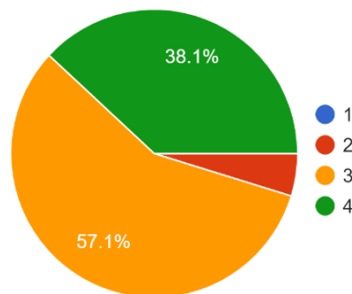


**Figura 12.** Presupuesto anual destinado a reparación de fallas



**Figura 13.** Frecuencia de mantenimiento

En cuanto a los datos que arrojan el tipo de vehículo que maneja (Figura 14), los conductores se encuentran que el 57,1% conduce vehículos de 3 ejes, al 38,1% utiliza vehículos de cuatro ejes y el 4,8% maneja vehículos de 2 ejes. Por lo anterior, se identifica que el estudio se realizó con vehículos pesados los cuales son utilizados en transporte de mercancía y carga pesada.



**Figura 14.** Cantidad de ejes de los vehículos

Posteriormente, se evaluó la frecuencia que presenta el tipo de falla mecánica en el vehículo en determinados sistemas, y los datos arrojaron que las fallas en el motor se presentan mayormente de forma semestral y después de un año. Esto indica que no se daña con mucha frecuencia, pero sí requiere de un constante chequeo.

- En cuanto a las fallas en el sistema eléctrico evidenciamos que se presenta normalmente de forma semestral, por el sistema puede ser propenso a problemas constantes y puede necesitar de mantenimientos seguidos para evitar interrupciones en el funcionamiento eléctrico del vehículo.
- En los resultados de las fallas en el sistema de frenos, evidenciamos que éstas se pueden presentar en los 5 períodos postulados en la encuesta, sin embargo, con mayor frecuencia de forma semestral. Por ello debe tener un monitoreo más riguroso y hacerle mantenimiento frecuente para garantizar un frenado seguro y eficiente en cada uno de los trayectos.
- Las fallas en el sistema de transmisión tienen un alto porcentaje de presentarse de forma semestral y después del año. Esto indica que no presenta averías de forma frecuente, pero si se debe monitorear.

- En las fallas del sistema de suspensión se evidencia que se deben de monitorear con mayor frecuencia durante el primer semestre y después del año para garantizar un manejo cómodo y seguro.
- Las fallas en el sistema de refrigeración se presentan con mayor frecuencia de forma semestral y después del año. Por lo que no es tan común que se dañe, pero el sistema puede ser propenso a problemas relacionados con el enfriamiento del motor y requiere de cuidado para evitar el sobrecalentamiento.
- Las fallas en el sistema de escape, al igual que en el sistema de transmisión, se presenta frecuentemente durante el semestre y después del año. Por lo que no requiere de una inspección exhaustiva, pero sí debe regularse para mantener un buen rendimiento y reducir las emisiones contaminantes.
- Por último, se encuentra el sistema de combustible que normalmente falla al semestre y después del año. Sin embargo, también encontramos que en algunos vehículos esto pasa antes del tiempo mencionado. Por lo que podría ser susceptible a problemas ocasionales y puede requerir mantenimiento constante para que el motor funcione mejor.

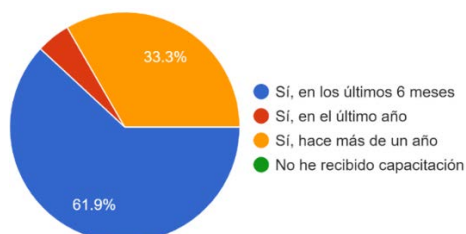
Como conclusión de este ítem, se puede evidenciar que es importante que las empresas realicen estos mantenimientos semestrales y después del año, porque son los valores más repetitivos de fallas en los sistemas.

Debido a que el 100% de los encuestados contestó que transporta más de 20 t (Figura 18), se determina que se tratan de vehículos diseñados para transportar cargas pesadas y se requiere de restricciones especificar en el transporte, como el límite del peso por carreteras urbanas, requisitos especiales, permisos, reglamentos sobre la seguridad vial y un mantenimiento del vehículo más riguroso.



**Figura 18.** Carga máxima frecuente de transporte

Por los datos recolectados se puede determinar que el manejo seguro de los vehículos de carga es considerada importante ante las empresas, ya que la mayoría de los conductores, 61,9%, ha recibido capacitación en los últimos 6 meses (Figura 19). Esto demuestra que tienen un enfoque por actualizar de forma continua los conocimientos y habilidades de los conductores. Además, 33,3% ha recibido la capacitación hace más de 1 año, lo que significa que las empresas también reflejan un compromiso de formación a largo plazo y 4,8% hace menos de un año.

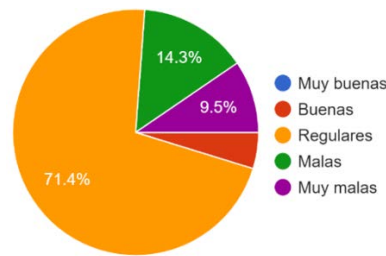


**Figura 19.** Capacitación de los conductores

Uno de los datos más relevantes que se obtuvo se relaciona con las condiciones de las carreteras (Figura 20): 71,4% de los conductores manejan en condiciones regulares por la carretera, 14,3% en malas condiciones, 9,5% en muy malas condiciones y 4,8% en buenas condiciones. Teniendo en cuenta lo mencionado, ya que la mayoría de los conductores operan en carreteras en mal estado, es importante tener en cuenta que puede haber un mayor desgaste en las llantas, se puede ejercer tensión adicional en la suspensión y el sistema de dirección, también puede haber un aumento en la carga en el sistema de frenos



y causar daños en el sistema de escape y en la carrocería. Por lo tanto, es importante realizar un mantenimiento adecuado para evitar este tipo de fallas y garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de los vehículos en su ruta.



**Figura 20.** Condiciones de las carreteras

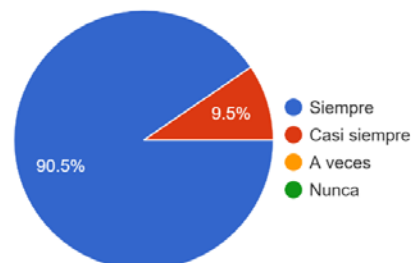
Entre la opinión de los conductores con respecto a por qué seleccionaron la respuesta anterior, la mayoría de las personas mencionan el pésimo estado y deterioro de las carreteras, los huecos y el alto tráfico, también, escasez de vías. Además, se menciona la falta de mantenimiento de la infraestructura vial y la falta de seguridad en las vías. Algunas personas consideran que se pagan peajes sin que se realicen reparaciones en las carreteras, y otras mencionan razones adicionales.

Con respecto a la presión de los neumáticos (Figura 21), se observa que 15 personas siempre lo hacen y 6 personas casi siempre lo hacen de forma manual. Por otra parte, 7 personas lo hacen siempre o casi siempre de forma automática. Además, 4 personas lo hacen a veces y 4 nunca lo hacen.



**Figura 21.** Frecuencia de la revisión de la presión de los neumáticos

En cuanto a la revisión de los niveles de aceite y líquido refrigerante del motor (Figura 22), la mayoría de personas, 90,5%, realiza la relación de los niveles de aceite y líquido refrigerante del motor. Siempre esto indica que es una práctica regular y consciente en los conductores, y 9,5% lo hace casi siempre. Esto muestra que hay intención en preservar la vida útil y el mantenimiento del motor, lo que es esencial para el funcionamiento y la prevención de años del vehículo.



**Figura 22.** Frecuencia de la revisión de los niveles de aceite y líquido refrigerante

Se evidencia además que el costo promedio de reparación de las fallas más comunes en los vehículos de carga de Solutrans Logistic es de menos de \$1160000 pesos. Este dato proporciona una estimación de los recursos financieros necesarios para solucionar las fallas y realizar las reparaciones correspondientes.

Por otro lado, la inactividad de un vehículo de carga debido a una falla conlleva costos adicionales (Figura 23), que son mayores a \$1160000 pesos al día, lo cual es mayor al actual salario mínimo legal vigente en Colombia.

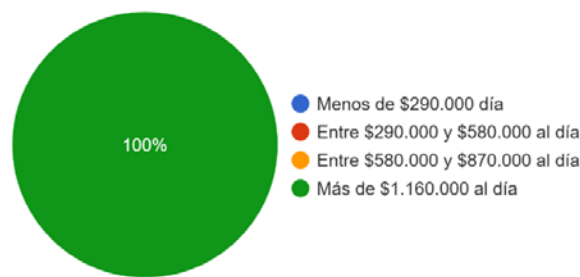


Figura 23. Costo de inactividad del vehículo

#### 4. CONCLUSIONES

La presente investigación ha logrado avances significativos en la consecución de sus objetivos, centrados en el desarrollo de un sistema de predicción de fallas del parque automotor en MiPyme transportistas y la creación de un modelo de operación del parque automotor como herramienta de software (Vensim) amigable para la toma de decisiones en la gestión empresarial. Los hallazgos obtenidos a partir de los análisis de datos arrojados por Solutrans Logistic permiten llegar a conclusiones relevantes que contribuyen de manera sustancial a la optimización de la operación y el mantenimiento de los vehículos de carga.

- *Predicción de fallas y variables intervinientes:* A través del estudio, se han identificado las variables que tienen un impacto directo en la operación de los vehículos de carga y su relación con las fallas y costos de mantenimiento. Se observó que el costo promedio de reparación de las fallas más comunes en los vehículos de carga de Solutrans Logistic es de menos de \$1160000 pesos. Este dato proporciona una estimación de los recursos financieros necesarios para solucionar las fallas y realizar las reparaciones correspondientes. Además, se evidenció que la inactividad de un vehículo de carga debido a una falla conlleva costos adicionales mayores a \$1160000 pesos al día, lo cual es superior al actual salario mínimo legal vigente en Colombia.
- *Modelo de operación del parque automotor:* La creación de un modelo de operación del parque automotor como una herramienta de software amigable es un logro significativo. El modelo, desarrollado en Vensim, proporciona una representación virtual de la operación de los vehículos en escenarios operativos diversos. Esto facilita la toma de decisiones estratégicas por parte de las MiPyme transportistas. La simulación de la operación del parque automotor en las MiPyme transportistas permitió obtener resultados cuantitativos sobre cómo las variables intervinientes y las fallas mecánicas pueden afectar la operación diaria.
- *Implicaciones en la gestión empresarial:* Las conclusiones extraídas de este estudio tienen un impacto directo en la gestión empresarial de las MiPyme transportistas. El 90,5% de los conductores realiza regularmente la revisión de los niveles de aceite y líquido refrigerante del motor, lo que indica una práctica consciente para preservar la vida útil y el mantenimiento del motor. Además, el 61,9% de los conductores ha recibido capacitación en los últimos 6 meses, lo que refleja un enfoque por actualizar continuamente los conocimientos y habilidades de los conductores. La implementación del sistema de predicción de fallas y el modelo de operación del parque automotor puede conducir a una operación más eficiente y a una reducción de costos.
- *Sostenibilidad y eficiencia en el transporte de carga:* Los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas pueden tener un impacto positivo en la sostenibilidad y la eficiencia del transporte de carga en MiPyme. Al prevenir fallas mecánicas y optimizar el mantenimiento, se reducen los tiempos de inactividad, se minimizan los costos adicionales y se contribuye a una operación más sostenible en términos económicos y medioambientales.
- *Impacto financiero de las fallas y el mantenimiento:* El análisis detallado de los costos asociados a las fallas y el mantenimiento de los vehículos de carga reveló que el costo promedio de reparación de las fallas más comunes es inferior a \$1160000 pesos. Sin embargo, la inactividad de un vehículo debido a una falla puede generar costos diarios superiores a esta cifra, superando incluso el salario mínimo legal

vigente en Colombia. Esta conclusión subraya la necesidad de implementar estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo para reducir los costos y optimizar los recursos financieros.

- *Importancia de la capacitación continua:* Los datos demuestran que la mayoría de los conductores (61,9%) han recibido capacitación en los últimos 6 meses, lo que refleja un enfoque proactivo por actualizar sus conocimientos y habilidades. Esta conclusión resalta la importancia que las MiPyme transportistas otorgan al manejo seguro y eficiente de los vehículos de carga. La inversión en la formación continua de los conductores puede contribuir significativamente a la prevención de fallas y a la mejora del rendimiento de los vehículos.
- *Desafíos en las condiciones de las carreteras:* El análisis de las opiniones de los conductores sobre las razones detrás de su enfoque en el mantenimiento preventivo reveló un factor crítico: el pésimo estado de las carreteras. La mayoría menciona el deterioro vial, los huecos y el alto tráfico como factores que afectan directamente la operación de los vehículos. Esta conclusión destaca la necesidad de considerar las condiciones de las carreteras al planificar las operaciones y el mantenimiento de los vehículos.
- *Fallas mecánicas en sistemas clave:* El análisis de la frecuencia de fallas en sistemas clave como el motor, sistema eléctrico, frenos, transmisión, suspensión, refrigeración, escape y sistema de combustible proporcionó una visión detallada de sus patrones. Las conclusiones indican que, aunque algunas fallas son menos frecuentes, es crucial monitorear y mantener estos sistemas para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de los vehículos. Estos resultados respaldan la necesidad de un mantenimiento regular y riguroso.
- *Experiencia de los conductores:* El dato de que el 76,2% de los encuestados tiene más de 10 años de experiencia como conductores de vehículos de carga refleja un alto nivel de conocimiento en la profesión. Esto sugiere que las MiPyme transportistas cuentan con conductores experimentados que pueden ser un activo valioso en la implementación de estrategias de mantenimiento y operación más efectivas.

Estas conclusiones proporcionan una base sólida para la toma de decisiones en MiPyme transportistas. Desde la gestión financiera hasta la capacitación de conductores y la planificación de mantenimiento, los resultados de esta investigación ofrecen recomendaciones clave para mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad en la operación de los vehículos de carga en este sector.

## REFERENCIAS

- [1] Escobar J. y Cuervo C. (2008). validez de contenido y juicio de especialistas. Recuperado: [https://www.researchgate.net/publication/302438451\\_Validez\\_de\\_contenido\\_y\\_juicio\\_de\\_especialistas\\_Una\\_aproximacion\\_a\\_su\\_utilizacion](https://www.researchgate.net/publication/302438451_Validez_de_contenido_y_juicio_de_especialistas_Una_aproximacion_a_su_utilizacion)
- [2] Moubray J. (1997). Maintenance planning and control: A handbook for practitioners. Butterworth-Heinemann.
- [3] Hernando J. y Ovalle R. (2020). Gestión del mantenimiento automotriz: Un acercamiento al mantenimiento preventivo 4.0 y los carros conectados. Omega.
- [4] GIZ-ICM. (2021). La transición hacia una última milla sustentable. Alfa.
- [5] Zamora A. (2019). Cambio tecnológico y eficiencia logística del transporte de carga internacional a través del modelo DEA. Ensayos Revista de Economía 38(2), 183–204.
- [6] Forbes. (2021). Desafíos y soluciones para las PyMEs (pequeñas y medianas empresas) al contratar servicios de transporte de carga. Recuperado: <https://www.forbes.com.mx/desafios-y-soluciones-para-las-pymes-al-contratar-servicios-de-transporte-de-carga/>
- [7] Pérez A. (2014). Impacto del mantenimiento de componentes electrónicos en la eficiencia de vehículos de carga. Revista de Ingeniería de Transporte 20(1), 45-60.
- [8] Elfasakhany A. (2018). Tire pressure checking framework: A review study. Recuperado: <https://doi.org/10.22115/RER.2019.86929>
- [9] Gov.co. (2020). Índice de costos del transporte de carga por carretera. Recuperado: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-costos-del-transporte-de-carga-por-carretera-ictc>
- [10] Chuang S. et al. (2019). Predictive maintenance with sensor data analytics on a raspberry Pi-Based experimental platform. Recuperado: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/18/3884/htm>
- [11] Pejic M. et al. (2023). Predictive maintenance in industry 4.0 for the SMEs: A decision support system case study using open-source software. Recuperado: <https://www.mdpi.com/2411-9660/7/4/98>
- [12] Pereira S. y Pages A. (2010). Mean square convergence of consensus algorithms in random WSNs. IEEE transactions on signal processing 58(5), 2866–2874.
- [13] Rubio P. (2022). Más Colombia. Recuperado: <https://mascolombia.com/indice-de-costos-del-transporte-de-carga-por-carretera-aumento-806/>
- [14] Alvarez M. (2017). Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el montacargas Hyster O2 y el tractocamion Kenworth T800 de la comercializadora el Forraje S.A. Recuperado: <https://red.uao.edu.co/bit>

# Modelo para la gestión tecnológica en el área de producción del sector polímeros de Bucaramanga, Colombia

Jonathan David Morales Méndez<sup>1</sup>

Mariana Arias Velandia<sup>2</sup>

*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia*

Esta investigación es un estudio de caso que tiene como objetivo crear un modelo para la gestión tecnológica al interior de una compañía, aplicable al sector polímeros, para la mejora continua. Se realiza un trabajo de campo y la aplicación de entrevistas partiendo de un marco teórico, identificando necesidades que llevan a formular la ecuación de búsqueda y realizar un análisis de patentes. El resultado inicial indica que la empresa se encuentra en un nivel medio en gestión tecnológica con puntaje de 3,21, no cuenta con alta inversión de recursos que le permitan asegurar las invenciones tecnológicas. Se concluye que la innovación en Colombia para el sector polímeros es nula y, por ser un país en desarrollo, la transformación tecnológica se da en mayor porcentaje de absorción que la adquisición.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial, Especialista en Gerencia de Proyectos, Especialista en Gerencia de Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el trabajo, Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio ambiente, Estudiante de Doctorado en Tecnología Educativa. Contacto: [Jonathan.morales@uniminuto.edu](mailto:Jonathan.morales@uniminuto.edu)

<sup>2</sup> Ingeniera Industrial. Contacto: [marianaariasvelandia@gmail.com](mailto:marianaariasvelandia@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación es un estudio de caso aplicado a una empresa de Plásticos, la cual hace parte del sector polímeros; ya que es una de las compañías pioneras a nivel nacional en la fabricación de piezas plásticas de alto desempeño por proceso de termo-formado por moldeo de inyección, tiene como principio crear un modelo para la gestión tecnológica al interior de la compañía aplicable también al sector independiente de su proceso de transformación, para la implementación de la mejora continua, una cultura eficiente en todos sus procesos como un objetivo de alto impacto en la formación de una filosofía de gestión en avances continuos y flexibles para la orientación multidireccional y efectiva para el cumplimiento del mercado.

Shumpeter, economista fallecido en 1950 y padre del concepto de competitividad e innovación, fue el primero en observar que una economía saludable no estaba nunca en equilibrio, sino que estaba constantemente alterada por la innovación tecnológica. Apoyándose en las ideas de ciclos económicos de otro economista, Kondratieff estableció las relaciones existentes en cada ciclo por varios conjuntos de nuevas industrias que sustituían a las del ciclo anterior como motores del proceso tecnológico [1]. Se dio cuenta además de que estos cambios se aceleraban cuando conjunto de tecnologías que emergían conjuntamente en plazos temporales breves, y que después de un periodo de expansión de unan nuevas tecnologías viene su declinar disminuyendo las oportunidades de desarrollo económico.

Este proceso solo termina con la aparición de una nueva ola de innovaciones que destruyen la vieja forma de hacer las cosas y generan un nuevo proceso de crecimiento, como se muestra en la Figura 1.

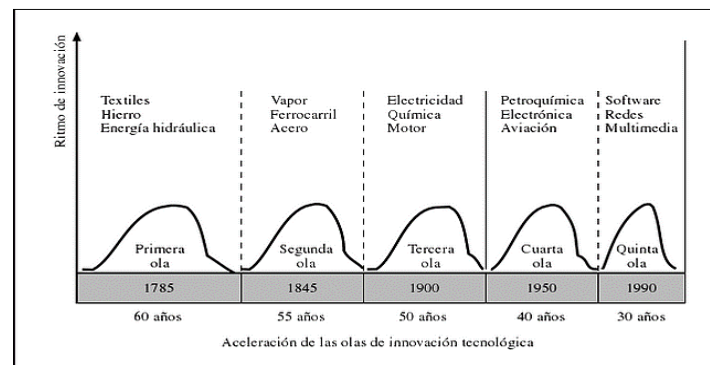


Figura 1. Olas de la innovación tecnológicas

Desde 2011, el sector plástico a nivel América Latina y el Caribe presentó un crecimiento económico desacelerado por lo anterior se busca trabajar la administración de la tecnológica en la industria que es la aplicación de un conjunto de prácticas que permiten establecer una estrategia en materia de tecnología congruente con sus planes de negocio.

Las técnicas para abordar la evaluación de los factores como la tecnología intelectual (blanda) y tecnología material (dura): la observación estructurada, la entrevista y cuestionarios, se toma la directriz del voz a voz con los operativos debido a que la información es precisa y enfocada a la identidad de vectores de atención y proyectados a la mejora o en el caso práctico de repotenciar la actual metodología mediante un diseño que precisa la optimización y manejo correcto con tecnología blanda que oriente al aumento de la rentabilidad de sus accionistas.

## 2. MÉTODO

Este proyecto se desarrolla a partir de un estudio de caso empresarial, basado en la investigación cuantitativa, se debe establecer la metodología de observación directa, cuestionario y revisión de fuentes secundarias, seleccionando las técnicas de recolección de datos y análisis de la información, revisando las preguntas de investigación, y convirtiéndolas en indicadores o variables medibles, diseñando el muestreo o selección de unidades que facilitan la información buscada, mediante encuesta o cuestionario, el paso siguiente es el análisis de los datos donde se sintetiza mediante la estadística descriptiva.

La población objetivo del trabajo de investigación se limita a una empresa objeto de estudio que hace parte del sector plásticos de la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana; se adecuó un cuestionario estructurado buscando determinar el perfil tecnológico o el posicionamiento estratégico en gestión tecnológica de la empresa bajo las variables:

- Competitividad y potencial tecnológico
- Aplicación a la tecnología de procesos
- Vigilancia tecnológica
- Transferencia de tecnología
- Estrategia de tecnología en la empresa
- Indicadores de la gestión tecnológica

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se inicia con un reconocimiento en campo, se realiza un recorrido por las instalaciones fue guiado por el coordinador de producción y logística el cual con diferentes proyectos que iban en diferentes etapas, logro consolidar y dar a conocer el proceso completo que actualmente ejecuta en el área de producción. A partir de ello se describe el proceso de producción (Figura 2).

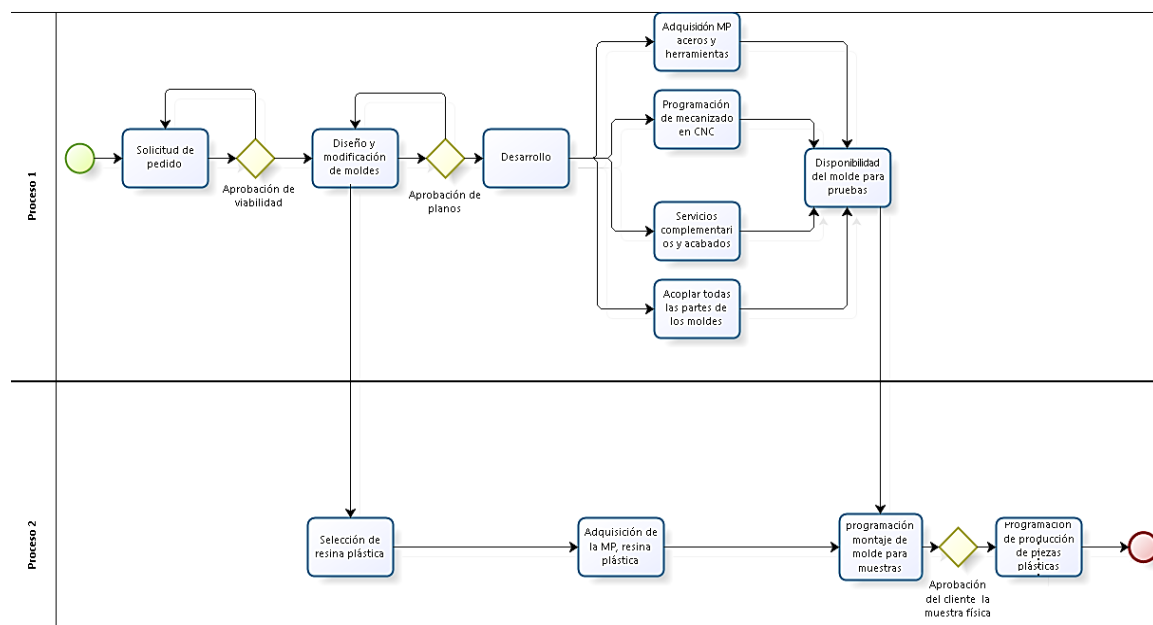


Figura 2. Flujo grama del proceso de producción

Al finalizar el recorrido se proporcionó el cuestionario estructurado como herramienta de recolección de datos primario el cual responde a la necesidad de evaluar y medir el sistema de gestión tecnológica y su impacto en el área de producción, permitiendo un diagnóstico tecnológico del nivel tecnológico de la empresa [2].

Con análisis cuantitativo de los resultados obtenidos del cuestionario estructurado se genera un diagrama radial (Figura 3), en el cual se evidencia un medio nivel en gestión tecnológica con un promedio de 3,18, para los datos de la Tabla 1.

Tabla 1. Resultado del instrumento

Variables	Ideal	Actual
Competitividad y potencial tecnológico	5	4,00
Aplicación a la tecnología de procesos	5	3,42
Vigilancia tecnológica	5	2,66
Transferencia de tecnología	5	2,00
Estrategia de tecnología en la empresa	5	3,50
Indicadores de la gestión tecnológica	5	3,70

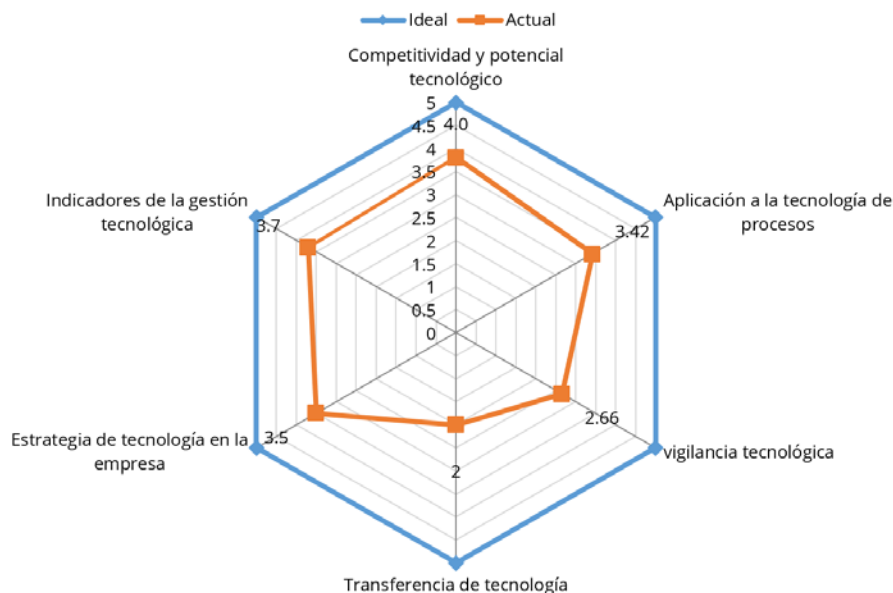


Figura 3. Nivel Tecnológico

### 3.1 Competitividad y potencial tecnológico [3]

Se concluye que la empresa puede afrontar nuevas estrategias de desarrollo ya que analiza su capacidad para movilizar recursos tecnológicos hacia las necesidades del mercado teniendo en cuenta a sus competidores, aunque se evidencian algunas fortalezas y debilidades para esta dimensión (Tabla 2).

Tabla 2. Fortalezas y debilidades de la competitividad

Fortalezas	Debilidades
La estrategia tecnológica parte de las tecnologías claves que domina	El dominio de la tecnología está poco relacionado con el número de especialistas
Se investigan las aplicaciones externas antes de decidirse por realizar nuevos desarrollos	Poco se consideran las influencias de la competencia al momento de elegir nuevos recursos tecnológicos

### 3.2 Aplicación de la tecnología a los procesos [4]

Se concluye que la empresa está en la capacidad de combinar insumos, recursos humanos y bienes de capital de manera adecuada para producir un bien o servicio dentro del proceso de gestión de la tecnología implantando y desarrollando las actividades necesarias para que el nuevo proceso alcance el objetivo propuesto. Aunque se detectan las siguientes debilidades, pero también se detectan algunas fortalezas (Tabla 3).

Tabla 3. Fortalezas y debilidades de la aplicación de la tecnología

Fortalezas	Debilidades
Proveedores ayudan a potencializar nuevos desarrollos	Los trabajadores poco cuentan con herramientas tecnológicas blandas y duras.
Se identifican y resuelven falencias de forma rápida para alcanzar el desarrollo del nuevo proceso.	Poco se investigan tecnologías necesarias para que el nuevo proceso alcance el objetivo propuesto

### 3.3 Vigilancia tecnológica [7]

Se concluye para esta dimensión que no se cuenta con un proceso organizado selectivo y sistemático, para captar información del exterior y de la propia empresa sobre ciencia y tecnología lo cual está afectando la vigilancia del entorno (Tabla 4).

Tabla 4. Fortalezas y debilidades de la vigilancia tecnológica

Fortalezas	Debilidades
Cuentan con los factores críticos a vigilar	No tienen proceso de vigilancia tecnológica, poco personal capacitado.



### 3.4 Transferencia de tecnología [5]

La empresa realiza muy poca casi nula actividad de transferencia tecnológica, no cuentan con una alta inversión de recursos que le permitan asegurar las invenciones tecnológicas por lo tanto no tienen privilegios que les permitan explotar en exclusiva sus innovaciones y obtener beneficios que les retribuyan el riesgo que sume la gestión de la tecnología, para esta dimensión se identifican las Fortalezas y debilidades de la Tabla 5.

**Tabla 5.** Fortalezas y debilidades de la transferencia de tecnología

Fortalezas	Debilidades
La empresa aplica <i>knowhow</i> constantemente	La empresa no asegura sus innovaciones.
	Poco comercializa la tecnología obtenida por <i>knowhow</i>

### 3.5 Estrategia de tecnología [6]

La estrategia tecnológica, es imitativa y oportunista, imitativa porque sigue a aquellas empresas que tienen un grado de innovación mínimo pero que resultan competitivas en el mercado a causa de un cierto grado de protección natural en las actividades productivas, no se conforma con marchar detrás de los líderes en tecnología es por eso que su estrategia se hace imitativa, la empresa desarrolla estrategias para introducirse y crecer en el mercado a través de una tecnología que maneja investigación como fuente de innovación (Tabla 6).

**Tabla 6.** Fortalezas y debilidades estrategia de tecnología

Fortalezas	Debilidades
Desarrolla estrategias a través de investigación como fuente de innovación	Baja iniciativa empresarial para fomentar cultura innovadora al interior
Optimización de recursos para incrementar la eficiencia	No posee poder de supervivencia en economías capitalistas

Seguido del análisis del cuestionario se realiza un análisis de patentes que evalúa los avances tecnológicos en el sector de plásticos (Tabla 7). La búsqueda y análisis se realizó en el transcurso del primer semestre de 2022, con trabajos entre 2002 y 2022; para los últimos cinco años se evidencia un aumento en el índice de patentado en la mayoría de los procesos; las patentes de invención tienen vigencia de 20 años y las de modelo de utilidad son de 10 años es por ello que este estudio se basa en los últimos 20 años.

**Tabla 7.** Términos y clasificación para búsqueda de patentes

Termino ES	Termino EN	Clasificación IPC	Descripción IPC
Diseño asistido por computador	CAD	G 06 F 17/50	Diseño asistido por computador
Dispositivos o aparatos	Device or apparatus	B 29 C 45/3	Aparatos de moldeo por inyección
Identificación de polímeros	Identification of polymers	G 01 N 21/0	Investigación o análisis de los materiales por la utilización de medios ópticos, es decir utilizando rayos infrarrojos, visibles o ultravioletas
Maquinaria	Machinery	B 29 C 45/0	Moldeo por inyección, es decir, forzando un volumen determinado de material de moldeo a través de una boquilla en un molde cerrado.
Fabricación	Manufacturing		
Materiales Polímeros	Polymers	B 29 B 11/8	Moldeo por inyección
Moldes	Molds	B 29 C 33/0	Moldes o núcleos detalles o accesorios para ellos
Software de requisición y compras	Requisitioning and purchasing		
Pruebas	Testing		

Partiendo de los términos anteriores se estableció la siguiente ecuación según el lenguaje de cada página consultada.

PATENTSCOPE

ALL:((machine or testing or polymers or plastic) and (injection molding))

ALL=((mold\* or CAD or additives or device or apparatus) AND (injection molding))

ALL=((plastic materials) AND (injection molding) NOT (blowing mold or extrusion molding))

FP=((polymers) AND (injection molding))

ESPAENET

((txt = machine and txt = testing) or txt = mold) or txt = "plastic material") and txt = "injection molding"

((txt = device and txt = CAD) or txt = manufacturing) or txt = "plastic material") and txt = "injection molding"

((txt = polymers) or txt = "plastic material") and txt = "injection molding"

(txt = machinery) and txt = "injection molding"

Uno de los resultados a resaltar es lo mostrado en la Figura 4 acerca de los países que patentan cada proceso, a los cuales se les realizó vigilancia por medio de patentes. Se evidencia que Estados Unidos está por arriba de otros países en cuanto desarrollo de diseño asistido por computador CAD, dispositivos de mejora y software para el requerimiento de materiales; Japón también cuenta con un alto nivel de en desarrollo de dispositivos y se posiciona en primer lugar en la invención de procesos para la identificación de materiales de piezas plásticas. Por otra parte, China evidencia un alto desempeño de innovación en desarrollo de maquinaria para el proceso de inyección de plástico y alto desenvolvimiento en los procesos de manufactura al patentar metodologías aplicadas en sus industrias; en cuanto a desarrollo de moldes Corea se posiciona en el primer lugar, son de allí las herramientas de corte y dispositivos con los cuales trabaja, no como importación directa, pero si por medio de un distribuidor.

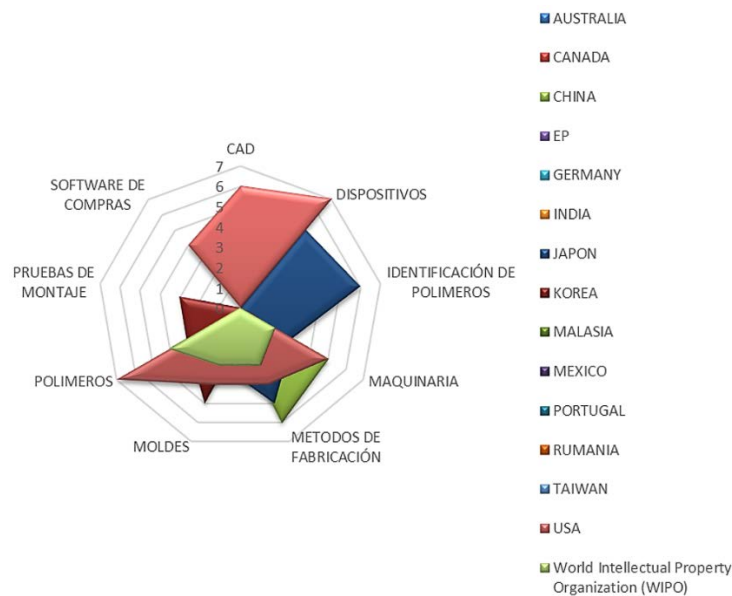


Figura 4. Países líderes de cada proceso

Otro de los resultados arrojado por el estudio evidencia la evolución de los procesos desde el año 1998, en éste año es donde el software de diseño asistido por computador fue adaptado al proceso de diseño de moldes para la inyección de plásticos y continua en una actualización constante, en 2002 se patentan dos invenciones, las dos en Estados Unidos. Estas patentes fueron implementadas y aún están vigentes, dándole año tras año una mejora continua.

De acuerdo al mapa tecnológico de la Figura 5 [8], se denota que a través del tiempo la tecnología en cada aspecto estudiado ha ido evolucionando continuamente exceptuando, el diseño asistido por computador (CAD) y los métodos para la identificación de polímeros, presentando así una desventaja de desarrollo e innovación ya que el CAD es el primer eslabón en la cadena del proceso productivo para el desarrollo de moldes intervinientes en la inyección del plástico.

Por otra parte, en cuanto a maquinaria y dispositivos de inyección de plástico la evolución de patentes es notoria y resalta que en los últimos dos años se registraron seis y siete patentes respectivamente, es decir que la maquinaria del año 2016 hacia atrás se puede considerar como obsoleta, lo cual afecta los índices de producción y los desarrollos de ingeniería ya que empiezan a contar con una limitante que les impide fluidez en el desarrollo de nuevos productos. Para los dispositivos no se puede decir lo mismo ya que son herramientas que están optimizando procesos y alargando la vida útil de la maquinaria vieja.

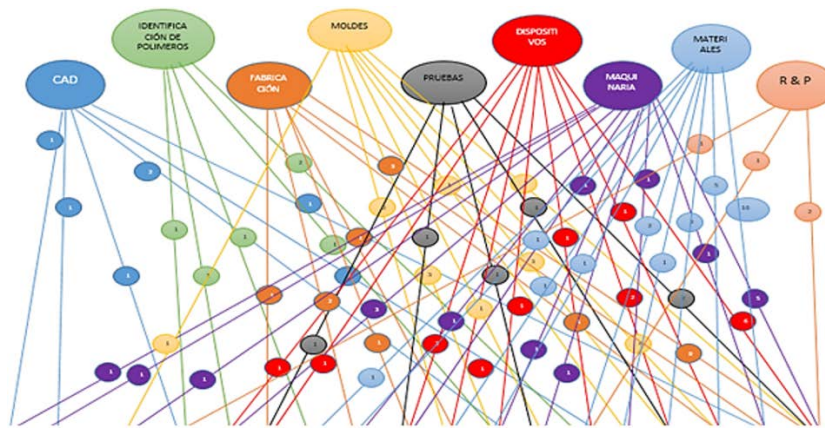


Figura 5. Mapa tecnológico

Para terminar con el análisis de las patentes, en el mapa tecnológico también se puede observar que a partir del año 2011 después de la invención en metodologías para la identificación de polímeros, comienzan a registrarse patentes de nuevos materiales y a partir del año 2017 el índice de patentamiento de materiales aumenta significativamente ya que en ese año se descubrió el método y dispositivo para medir espectro Raman de dispersión en Japón. El desarrollo de nuevos materiales permite mejorar las características de productos existentes y de homologar piezas o partes elaboradas con materiales metálicos o cerámicas sin perder las propiedades como por ejemplo la de transferencia eléctrica, adicional el desarrollo de nuevos materiales abre una ventana para aquellas empresas que por musculo financiero no puede actualizar su maquinaria para que sigan siendo competitivos en la diferenciación como la calidad de los productos.

Continuando con el desarrollo del proyecto de investigación y como un paso antecesor a la formulación del modelo, se hace necesario identificar el grado de absorción tecnológica de la empresa [9], con el fin de identificar el aspecto de mayor absorción y dirigir el modelo hacia ese aspecto para que sea 100% aplicable. En la Tabla 8 se describe la capacidad de absorción que se encontró en la Empresa y con estos datos se evalúan los criterios: asimilar, transformar, explotar, y adquisición.

Tabla 8. Datos de los aspectos de la absorción

<b>Adquisición</b>				
5	100,00	6,67	1	6,67
4	80,00	5,33	7	37,33
3	60,00	4,00	7	28,00
2	40,00	2,67	0	-
1	20,00	1,33	0	-
	300,00			72,00
<b>Explotar</b>				
5	100,00	7,69	0	-
4	80,00	6,15	6	36,92
3	60,00	4,62	6	27,69
2	40,00	3,08	0	-
1	20,00	1,54	1	1,54
	300,00			66,15
<b>Transformar</b>				
5	100,00	20,00	1	20,00
4	80,00	16,00	4	64,00
3	60,00	12,00	0	-
2	40,00	8,00	0	-
1	20,00	4,00	0	-
	300,00			84,00
<b>Asimilar</b>				
5	100,00	9,09	0	-
4	80,00	7,27	5	36,36
3	60,00	5,45	4	21,82
2	40,00	3,64	1	3,64
1	20,00	1,82	1	1,82
	300,00			63,64

Nivel de absorción	
Adquisición	72,00
Explotar	66,15
Transformar	84,00
Asimilar	63,64

71,45

Como se puede observar en la Figura 6, el aspecto de transformar de la empresa obtiene un 84% la posición mayor frente a las otras dimensiones esta capacidad hace referencia al desarrollar y mejorar los procesos, rutinas internas que facilitan la transferencia y combinación del que se ha adquirido y asimilado, esta capacidad es la que establece como adaptar el nuevo conocimiento a la realidad y a las necesidades de la empresa, lo cual quiere decir, que Está dispuesto a tomar conocimientos externos y adaptarlos a sus necesidades como organización pues crea conciencia de la necesidad de mejorar su tecnología, demuestra habilidad para buscar las posibles amenazas externas y las oportunidades a las que se enfrentan.

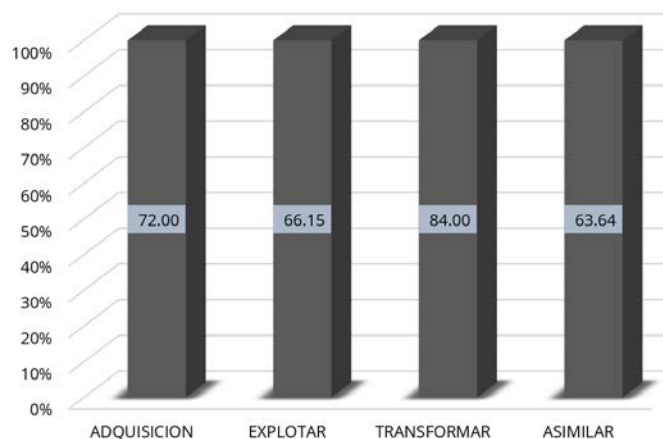


Figura 6. Nivel de absorción

El aspecto asimilar esta con el porcentaje más bajo de participación con 63.64% y esto quiere decir que cuenta con baja habilidad para el análisis y la obtención de información relevante del mercado como puede ser los competidores, clientes, proveedores, tanto así que tiene que seguir en la búsqueda de mejorar y poder explotar al máximo los recursos existentes y buscar soluciones ágiles, y productivas para el desarrollo de la empresa.

Por lo anterior y de acuerdo con los resultados obtenidos a lo largo del proyecto, el siguiente modelo resulta como producto de la investigación y está basado en tecnologías blandas<sup>3</sup>, ya que la empresa se encuentre ubicada en un país en desarrollo y la capacidad de absorción tecnológica en cuanto a adquisición es baja adicional según encuesta de desarrollo e innovación tecnología (EDIT 2020 -2021) evidencia que el apoyo del gobierno para la adquisición de nuevas tecnologías o desarrollo de innovaciones es muy difícil de acceder. El modelo consta de tres bloques:

#### 1. Recursos

- Talento Humano
- Financiero
- Infraestructura
- Materia prima

#### 2. Infraestructura operacional

- Estrategia empresarial
- Disciplina del mercado o disciplina de valor
- Neuromarketing
- Desarrollo + innovación
- Producción estructura TPS

<sup>3</sup> Tecnologías blandas: su producto no es objeto tangible pretenden mejorar el funcionamiento de las instituciones u organizaciones para el cumplimiento de sus objetivos.

### 3. Actividades

- Definir estrategia
- Plantear objetivos
- Identificar Disciplina
- Potencializar disciplina
- Buscar código simbólico del producto
- Rediseñar productos y procesos
- Optimización de la cadena de producción

En la Figura 7 se puede apreciar como resultado se obtiene una combinación perfecta que abarca los aspectos de participación en el mercado, competitividad, clientes, mercadeo, ventas y proveedores.

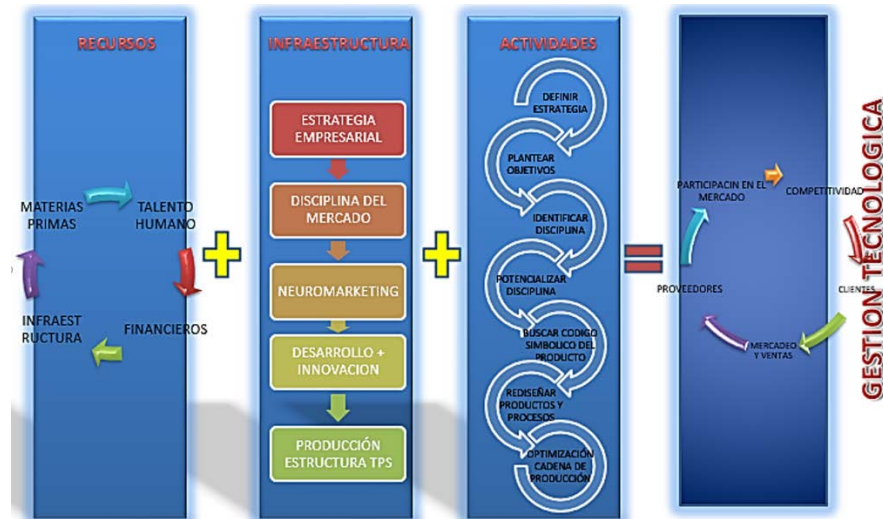


Figura 7. Modelo de gestión tecnológica

### 4. CONCLUSIONES

En una escala de 1 a 5, se encuentra en nivel y tecnológico medio con calificación de 3,21, su puntuación más alta corresponde a la variable de competitividad y potencial tecnológico evaluando en ella los indicadores de: capacidad para movilizar recursos, estrategia basada en tecnologías claves, Dominio de tecnología por especialistas, Recursos tecnológicos expertos; demostrando así que la empresa puede afrontar nuevas estrategias de desarrollo ya que analiza su capacidad para movilizar recursos tecnológicos hacia las necesidades del mercado teniendo en cuenta a sus competidores.

En caso contrario, la variable transferencia de tecnología que evalúa los indicadores de: protección de las innovaciones, comercialización de las tecnologías y tecnologías según su pertenencia, lo cual refleja que la empresa realiza muy poca casi nula actividad de transferencia tecnológica, no cuentan con una alta inversión de recursos que le permitan asegurar las invenciones tecnológicas por lo tanto no tienen privilegios que les permitan explotar en exclusiva sus innovaciones y obtener beneficios que les retribuyan el riesgo que sume la gestión de la tecnología.

Adicional a lo mencionado, por comparación de diferentes autores y análisis cualitativo, se estableció elegir el modelo Temaguide [10] como el que más se asimila actualmente a la empresa, ya que este modelo centra sus estudios en la modificación de gestionar tecnología, esto significa que para que la empresa funcione de manera eficaz es indispensable que existan 5 elementos básicos, la vigilancia, focalización, capacitación, implementación y aprendizaje.

Fue necesaria la visita a las instalaciones de la empresa, ya que permitió identificar claramente cada una de las tecnologías que intervienen en el proceso de producción con ello se pudo hacer el análisis de patentes identificando la gran falencia del sector polímeros en Colombia, en cuanto a invención e innovación de patentes, la Superintendencia de industria y comercio no arroja resultados vigentes o activos.

Por otra parte, en cuanto a maquinaria y dispositivos de inyección de plástico la evolución de patentes es notoria y resalta que en los últimos dos años se registraron seis y siete patentes respectivamente, es decir que la maquinaria de 2016 hacia atrás se puede considerar como obsoleta, lo cual afecta los índices de producción y los desarrollos de ingeniería ya que empiezan a contar con una limitante que les impide fluidez en el desarrollo de nuevos productos.

Para los dispositivos no se puede decir lo mismo, la empresa cuenta con maquinaria en funcionamiento entre 1998 y 2009, lo que quiere decir que son herramientas y dispositivos los que están optimizando procesos y alargando la vida útil de la maquinaria vieja, El grado de absorción tecnológica en promedio de la empresa caso de estudio es del 71,45%, del cual el mayor porcentaje corresponde al aspecto de transformar y hace referencia a desarrollar y mejorar los procesos, rutinas internas que facilitan la transferencia y combinación del que se ha adquirido y asimilado, esta capacidad es la que establece como adaptar el nuevo conocimiento a la realidad y a las necesidades de la empresa.

Por último, el modelo propuesto resulta como producto de la investigación y está basado en tecnologías blandas, ya que la empresa se encuentre ubicada en un país en desarrollo y la capacidad de absorción tecnológica en cuanto a adquisición es baja, adicional según encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT 2020 -2021) evidencia que el apoyo del gobierno para la adquisición de nuevas tecnologías o desarrollo de innovaciones es muy difícil de acceder. Este modelo se basa en lo que la empresa necesita para gestionar la tecnología, significa entonces que el Modelo de gestión tecnológica desarrollado para la empresa, desglosa tres elementos fundamentales: recursos, Infraestructura operacional y actividades una vez analizados estos elementos interna y externamente se puede describirse un plan de mejora continua ejecutable y con resultados positivos de crecimiento.

## REFERENCIAS

- [1] Morote J. et al. (2014). La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones. Ediciones Pirámide.
- [2] Rodríguez G. y Bribiesca G. (2020). Diagnóstico de aprovechamiento tecnológico en las organizaciones de América Latina. Omega.
- [3] Pazmiño M. y Andino B. (2020). Capacidad de absorción: Integración estratégica entre aprendizaje tecnológico, resiliencia y competitividad empresarial. Revista Venezolana de Gerencia 25(4), 528-547.
- [4] Vidal M. et al. (2019). Tecnologías e innovaciones disruptivas. Educación Médica Superior 33(1).
- [5] Pérez O. (2019). Innovación y transferencia de tecnología en México. Un análisis empírico de datos panel. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo 10(19).
- [6] Muñoz G. et al. (2019). Las micro, pequeñas y medianas empresas: Una estrategia de aplicación de tecnología para aumentar su competitividad. Revista Espacios 40(20).
- [7] Narváez E. (2021). Vigilancia Tecnológica: Un análisis bibliométrico. Negonotas Docentes (18), 57-69.
- [8] Velayos G. y López R. (2023). Patentes: Búsqueda y uso bibliográfico. Editorial UOC.
- [9] Peris L. y Mestre J. (2021). Influencia de las capacidades de absorción sobre las actividades innovadoras de la empresa. Alfa.
- [10] Herrera R. e Hidalgo A. (2019). Dinámica de la gestión de la innovación de servicios y co-creación en empresas del sector economía digital. Contaduría y administración 64(1).

# Propuesta de diseño de una persiana fotovoltaica por medio de la evaluación del potencial energético en sitio

Michael Arenas Flórez<sup>1</sup>

Alonso de Jesús Retamoso Llamas<sup>2</sup>

Franky Yoan Cely Quesada<sup>3</sup>

Fabio Alfonso González<sup>4</sup>

Nayi Tatiana Guadrón González<sup>5</sup>

Leidy Tatiana Prieto Ayala<sup>6</sup>

*Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia*

Se evaluó el potencial energético que se puede obtener de la instalación de persianas fotovoltaicas FV ubicadas en el Edificio D de las Unidades Tecnológicas de Santander UTS, Colombia; se recopiló un registro detallado de la irradiancia y la temperatura de los últimos 5 años (2017-2021), propios de la ubicación del sistema mediante el uso de la base de datos NASA-SSE; se realizó la comparación de las características de los paneles solares disponibles en la institución, para seleccionar los más apropiados en la instalación del sistema fotovoltaico, ingresando sus características a la herramienta de simulación PVSyst y definiendo finalmente las condiciones de generación de las persianas FV. Se realizó el estudio de la ubicación del sistema utilizando una metodología exploratoria, y con un enfoque cuantitativo y cualitativo se analizaron los datos obtenidos y las características del lugar. Los resultados indican que ajustar los ángulos de inclinación de los módulos FV, de acuerdo con la hora del día y la incidencia de los rayos solares, puede mejorar significativamente la eficiencia de la persiana, y se identificaron pérdidas generadas por diversos factores. Se proponen características de diseño de persiana FV que reduzcan los efectos de las sombras sobre los paneles, minimizando las pérdidas de energía y manteniendo su vida útil. Además, se hace énfasis en la importancia de determinar los ángulos de inclinación más adecuados para aprovechar al máximo la radiación solar.

---

<sup>1</sup> Magíster en Ingeniería Eléctrica. Contacto: [marenasf@correo.uts.edu.co](mailto:marenasf@correo.uts.edu.co)

<sup>2</sup> Magíster en Potencia Eléctrica. Contacto: [alonsoretamoso@correo.uts.edu.co](mailto:alonsoretamoso@correo.uts.edu.co)

<sup>3</sup> Magíster en Energías Renovables. Contacto: [fcely@correo.uts.edu.co](mailto:fcely@correo.uts.edu.co)

<sup>4</sup> Magíster en Potencia Eléctrica. Contacto: [fagonzalez@correo.uts.edu.co](mailto:fagonzalez@correo.uts.edu.co)

<sup>5</sup> Tecnóloga en Electricidad Industrial. Contacto: [ntgualdron@uts.edu.co](mailto:ntgualdron@uts.edu.co)

<sup>6</sup> Tecnóloga en Electricidad Industrial. Contacto: [lprieto@uts.edu.co](mailto:lprieto@uts.edu.co)



## 1. INTRODUCCIÓN

La energía solar [1] es captada y aprovechada por el panel solar, el cual convierte la irradiancia en energía eléctrica de corriente continua DC por medio del efecto foto-voltaico [2, 3]. El descubrimiento del efecto FV y la creación del panel solar, abrió campo al dimensionamiento de sistemas FV, como se hizo en Corea del Sur, país donde se desarrolló una persiana solar FV, con un sistema de automatización de seguimiento solar, el cual mide la mejor posición para la captación de la irradiancia solar. Con base en factores climáticos, dicho proyecto evidenció que es viable la introducción de energías renovables inteligentes en el planeta [4].

La estructura de los paneles solares posibilita diversas opciones para el dimensionamiento de un sistema debido a que su peso generalmente es inferior a 20 kg y su forma rectangular como se estableció en investigaciones anteriores [5], luego surge la oportunidad de aprovechar dichos atributos. Sin embargo, se conoce que la eficiencia de los paneles FV se ve afectada por la temperatura [6], y por el efecto de sombreados parciales producidos por objetos circundantes [7] por lo cual se debe considerar dichos aspectos en el diseño de las persianas FV.

Las persianas FV surgen como un dispositivo novedoso que permite aprovechar la energía solar disponible en sitio y además permiten integrarse como un sistema de control de paso de luz solar, para ello es indispensable evaluar el potencial energético en función del ángulo de inclinación de la persiana FV que permita establecer criterios de diseño aprovechando la mayor cantidad de energía posible [8, 9].

Vale la pena señalar que las energías renovables han capturado considerablemente la atención en la debido a la crisis medioambiental contemporánea [10], que tiene su raíz, entre otras causas, en la sobreexplotación de combustibles fósiles.

En la presente investigación empleando la herramienta computacional PVSyst [11] se evaluó el potencial energético que se puede obtener en la instalación de una persiana fotovoltaica en la terraza del edificio D de las UTS, se analizó el mejor ángulo de inclinación en cada hora del día con el objetivo de maximizar la generación de energía eléctrica y finalmente se propone características de diseño para un proyecto piloto de persiana FV.

## 2. MÉTODO

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo de manera exploratoria, se hizo el estudio de la ubicación exacta del sitio, de los elementos que se utilizaron para el sistema On-Grid y los paneles solares disponibles en la institución, luego se determinaron las variables meteorológicas de temperatura e irradiación por medio de la base de datos NASA-SSE [12], los puntos críticos del sistema fotovoltaico se analizaron con un enfoque cuantitativo y cualitativo con el fin de garantizar la generación de energía en las peores condiciones.

Se desarrollaron simulaciones en el software PVsyst considerando una variación en el ángulo de inclinación entre 0° y 90°, cada 5° para determinar el potencial energético anual del sistema en cada una de sus variaciones de ángulos, se evaluaron y analizaron los resultados cuantitativos sobre el potencial de generación de energía eléctrica en los diferentes ángulos de inclinación por cada hora del día, con el fin de proponer características de diseño de una persiana FV.

La persiana FV se ubicará en el Laboratorio de Energías Renovables de la terraza del edificio D de las UTS con coordenadas de ubicación 7,10563888889 Norte y la longitud es -73,12275 Oeste, en el cual se dispone de un área de 11m<sup>2</sup>, según se muestra en la Figura 1, dicha persiana se orientará hacia el este. Para dimensionar el sistema FV se obtuvo información de irradiancia y temperatura promedio hora a hora de los años 2017 a 2021 de la base de datos en el sitio de interés. Para las simulaciones realizadas, primero se parametrizó el software iniciando por el tipo de sistema fotovoltaico, en este caso ON-GRID, continuando con la ubicación de la persiana FV, la altura sobre el nivel del mar y finalmente se ingresan los datos de temperatura e irradiancia descargados de la base de datos NASA-SSE.



Figura 1. Área disponible para instalación de la persiana FV

Para el diseño de la persiana FV se consideraron 6 paneles solares de marca YANGTZE modelo YS300M-60 de 300Wp monocristalinos cuentan con tres diodos de by-pass, tienen una corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) de 9,72 A, una tensión en circuito abierto  $V_{oc}$  de 40,1 V, una tensión de punto máximo de potencia ( $V_{max}$ ) de 32,6 V y una corriente en el punto máximo de potencia  $I_{max}$  de 9,21 A, también cuentan con un rango de temperaturas los cuales son  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $85^{\circ}\text{C}$ , un coeficiente de temperatura de  $P_{max}$   $-0,4\ \%/^{\circ}\text{C}$ , un coeficiente de temperatura de  $V_{oc}$   $-0,3\ \%/^{\circ}\text{C}$  y un coeficiente de temperatura de  $I_{sc}$  de  $0,05\ \%/^{\circ}\text{C}$ ; valores que se deben parametrizar en el software PVSyst [13] (Figura 2).

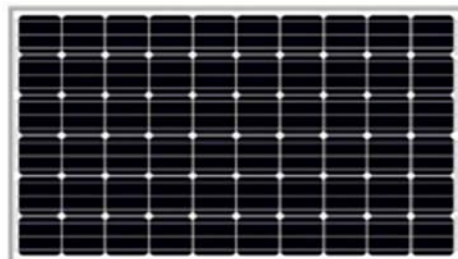


Figura 2. Panel FV usado para la simulación [13]

Los paneles seleccionados estarán conectados en dos string (conjunto de paneles solares FV conectados en serie) de tres módulos cada uno, los cuales conformarán un arreglo con 6 paneles en total (Figura 3). El inversor seleccionado fue el modelo FRONIUS GALVO 2.0-1/220 2.0kW 120-335V [14] (Figura 4).

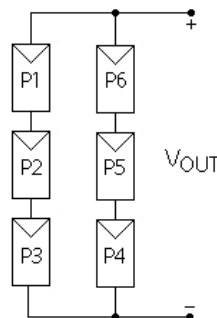


Figura 3. Conexión de Paneles Solares



Figura 4. Inversor usado para la simulación [14]

Las características que se tuvieron en cuenta fueron la potencia del sistema fotovoltaico, en este caso  $300\text{Wp} \times 6 \text{ paneles} = 1800\text{Wp} \approx 2\text{kWp}$  y la corriente de cortocircuito, que se calcula así  $I_{cc} = 2(9,72) = 19,44\text{A}$  teniendo en cuenta dos *strings* en paralelo. La tensión en circuito abierto  $V_{oc} = 3(40,1) = 120,3\text{V}$ , ya que tiene tres módulos conectados en serie.

Finalmente, se realizó el modelamiento arquitectónico del entorno que podría generar sombras sobre la persiana FV y para cada simulación se analizó la generación de energía y las pérdidas de la persiana FV lo que permitió proponer características de diseño.

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los módulos fotovoltaicos abarcan un área de  $1,65\text{m}^2$  cada uno, llegando a formar un área total de  $9,9\text{m}^2$ , cubriendo de esta manera el 90% del área disponible, entregando una potencia de  $1,8\text{kWp}$ . En la Figura 5 se muestra el dibujo en 3D construido en el software PVSyst, en el cual se plasma la persiana solar para simulaciones con un ángulo de inclinación a  $90^\circ$  con respecto al plano del suelo de la terraza.

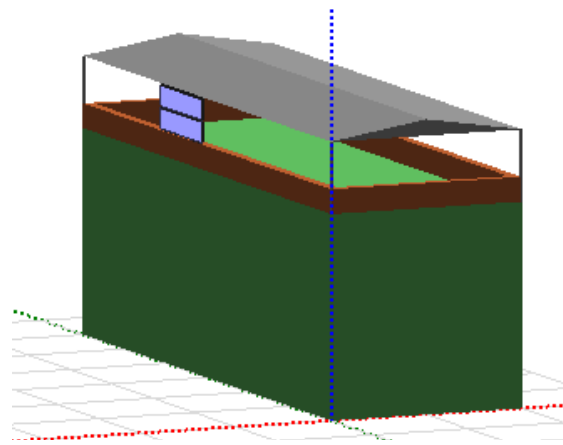


Figura 5. Dibujo 3D PVSyst de sistema de persianas solares fotovoltaicas a  $90^\circ$  [11]

El software de simulación genera un diagrama de trayectorias solares y los perfiles de sombreado para cada ángulo de inclinación, en la simulación con un ángulo de inclinación de  $0^\circ$  se presentan la mayor cantidad de pérdidas de energía por efecto de sombreado, el porcentaje de pérdidas se encuentra entre el 1% y el 40%, como se evidencia en la Figura 6.

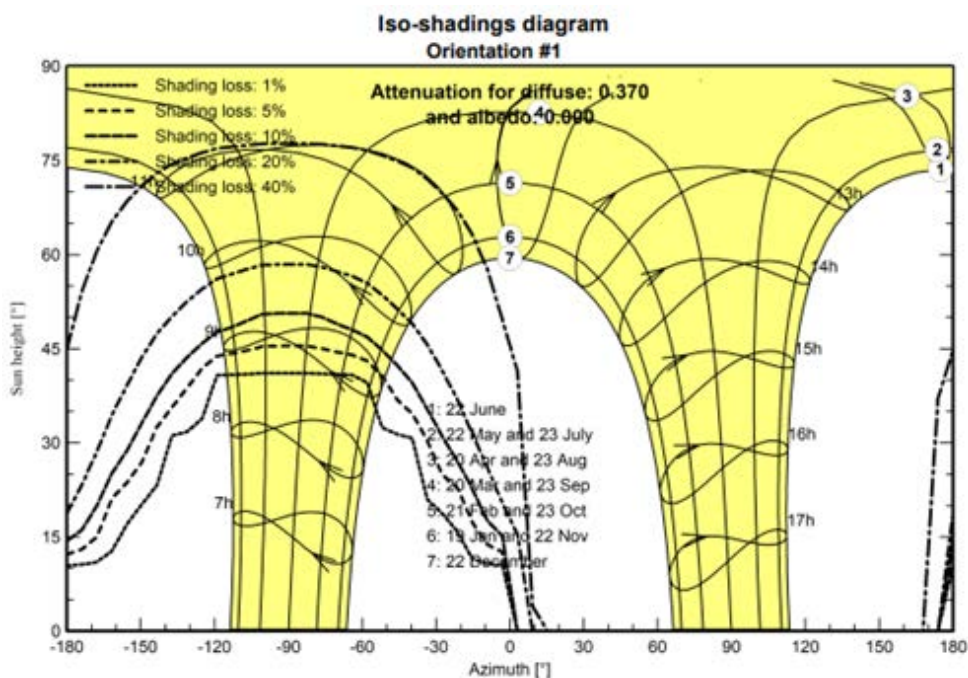


Figura 6. Diagrama de Sombreado a  $0^\circ$  [11]

Los parámetros de diseño de las persianas FV se plantearon por medio del análisis de resultados en mira de lograr la eficiencia del sistema, salvaguardando la vida útil de los paneles y aprovechando la posición de las persianas. Este parámetro consta del análisis de la ubicación del sistema, incidencia de los rayos solares y condiciones climatológicas propias de la ubicación por medio de la base de datos NASA-SSE (Figura 7).

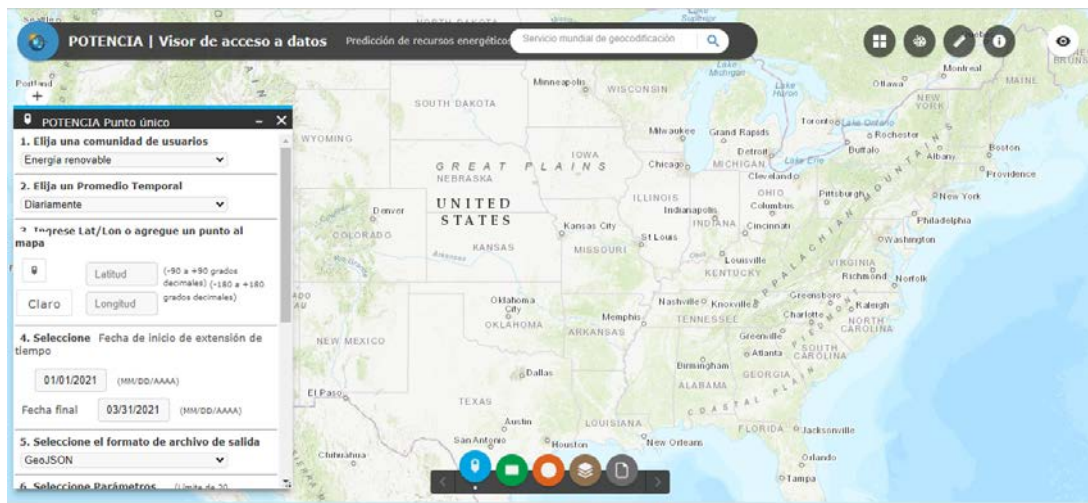


Figura 7. Ventana de la base de datos NASA-SSE [12]

Según lo indicado anteriormente se establece el parámetro con análisis de la ubicación de persianas, ya que el sitio de la instalación para el caso de estudio fue el quinto piso del edificio D de las UTS y este se encuentra en América del Sur hemisferio norte y el país se encuentra sobre la línea del ecuador. El software determina las pérdidas de energía mínimas en función de los ángulos de inclinación de la persiana en los diferentes meses del año (Tabla 1).

Tabla 1. Generación de energía con pérdidas mínimas en función el ángulo de inclinación

Mes	Pérdidas por incidencia de rayos kWh/m <sup>2</sup>	Ángulo de inclinación <	Producción con ese nivel de pérdidas kWh
Enero	1.258	25°	154,7
Febrero	1.067	30°	139,3
Marzo	1.136	30°	157,8
Abril	1.139	30°	143,5
Mayo	1.244	30°	158,7
Junio	1.203	30°	146,7
Julio	1.236	30°	182,1
Agosto	1.206	30°	164,5
Septiembre	1.247	35°	150,4
Octubre	1.181	30°	147,9
Noviembre	1.172	30°	146,4
Diciembre	1.314	30°	150,9
Generación anual			1847,8

De acuerdo a estos resultados y de lo mencionado anteriormente se plantea que el parámetro por el análisis de la ubicación se ve reflejado en ubicar las persianas solares en ángulos cercanos a 30° lo cual permitiría la mayor captación de radiación solar (mayor producción de energía) y a su vez se obtendría viabilidad del sistema para realizar control de luz externa (objetivo de una persiana). La generación del sistema de persianas solares se ve afectada por el efecto sombras parciales.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de pérdidas de energía por efectos de sombreados en la persiana. Como se evidencia, la generación anual mínima que el sistema pierde a causa del efecto sombra es de 9,989 kWh lo que significaría un 0,65% de la generación anual total. De acuerdo a lo dicho anteriormente se plantea como parámetro de diseño que mientras no se requiera permite entrada de luz externa la orientación de la persiana FV deberá tomar valores cercanos a los 90°, criterio que además garantiza un control de paso de lluvias al laboratorio objeto del caso de estudio.

**Tabla 2.** Tabla de generación con pérdidas mínimas por sombreado dependiendo el ángulo de inclinación por mes

Mes	Pérdidas por sombreado kWh/m <sup>2</sup>	Ángulo de inclinación <	Producción con ese nivel de pérdidas kWh
Enero	0,798	90°	110,6
Febrero	0,764	90°	129,8
Marzo	0,872	90°	117,4
Abril	0,85	90°	131,3
Mayo	0,873	90°	117,4
Junio	0,832	90°	154,2
Julio	0,858	90°	137,2
Agosto	0,885	90°	126,5
Septiembre	0,877	90°	119,9
Octubre	0,835	90°	121,9
Noviembre	0,77	90°	122,6
Diciembre	0,775	90°	132,8
Generación anual			1521,6

Como se observa en la Tabla 3, se realizó un análisis de la producción de energía de la persiana FV con los ángulos de orientación que permitan obtener las menores pérdidas de energía por efectos de sombreado para las diferentes horas del día.

**Tabla 3.** Generación con pérdidas mínimas por sombreado dependiendo el ángulo de inclinación por mes.

Hora	kWh	Ángulo (°)
6am	159,80	85
7am	280,6	85
8am	310,3	60
9am	299,9	30
10am	275,8	30
11am	217,5	20
12pm	201,2	0
01pm	177,6	0
02pm	136,5	0
03pm	87,4	0
04pm	33,2	0
05pm	2,7	85
Generación anual	2182,50	

De acuerdo con los resultados anteriores el ángulo de inclinación deberá ajustarse cada hora del día con el fin de aprovechar la mayor cantidad de energía en el año comparada lo que permite establecer otro criterio de diseño de persianas FV. La variable en las simulaciones realizadas en el programa PVSyst, es el grado de inclinación al que pueden situarse los módulos fotovoltaicos que componen la persiana FV, ya que la generación de energía depende del ángulo de inclinación.

Las simulaciones que se realizaron oscilan de 5° entre 0° y 90°, de cada simulación se obtiene la generación en kWh/mes y kWh/kWp/día y las pérdidas en kWh/kWp/día, los resultados de estas simulaciones arrojan que la simulación con mayor generación eléctrica es a 30°, la de menor generación eléctrica es a 90° y el promedio de generación de todas las simulaciones está en 1724,61579 kWh/año.

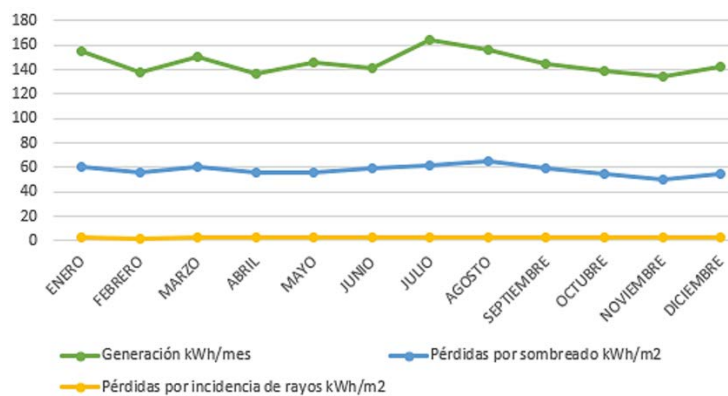
La menor pérdida de generación por efecto de sombreados se encuentra en la simulación a 90°, la mayor pérdida de generación por sombras está en la simulación a 5°, el promedio de las pérdidas de generación por sombra es de 404,7135 kWh/m<sup>2</sup>/año respecto a todas las simulaciones y la menor pérdida de generación por incidencia de rayos se encuentra en la simulación a 30°, la mayor pérdida de generación por incidencia de rayos está en la simulación a 90°, el promedio de las pérdidas de generación por incidencia de rayos solares es de 21,281 kWh/m<sup>2</sup>/año respecto a todas las simulaciones.

En la Tabla 4 y la Figura 8 se observan los resultados obtenidos de la simulación a 0° lo que indica un alto nivel de pérdida de generación causado por el efecto de sombras y muestra que la generación de la persiana a este ángulo de inclinación es adecuada, ya que está por encima del promedio 1724,61 kWh/año de generación respecto a todos los ángulos de inclinación, por encima del promedio de pérdida de generación

por sombra 404,71 kWh/m<sup>2</sup> /año respecto a todos los ángulos de inclinación y por encima del promedio de pérdidas de generación por incidencia de rayos solares 21,281 kWh/m<sup>2</sup> /año respecto a todos los ángulos de inclinación.

**Tabla 4.** Resultados de simulaciones a 0°

Mes	Generación final kWh/mes	Pérdidas	
		Sombreado kWh/m <sup>2</sup>	Incidencia kWh/m <sup>2</sup>
Enero	154,6	61,00	2,544
Febrero	137,3	55,92	2,067
Marzo	151,0	60,92	2,275
Abril	136,3	55,75	2,336
Mayo	146,1	55,36	2,717
Junio	141,5	58,76	2,467
Julio	164,7	61,29	2,853
Agosto	156,8	65,59	2,594
Septiembre	144,5	59,25	2,725
Octubre	138,7	54,69	2,472
Noviembre	134,3	50,40	2,603
Diciembre	142,7	54,44	2,658
Total anual	1748,4	693,37	30,311



**Figura 8.** Resultados simulaciones a 0°

En la Tabla 5 y la Figura 9 se observan los resultados obtenidos de la simulación a 5°, los cuales arrojan el nivel máximo de pérdida de generación causado por el efecto de sombras y muestra que la generación de la persiana a este ángulo se encuentra por debajo del promedio 1724,61 kWh/año de generación respecto a todos los ángulos de inclinación, por encima del promedio de pérdida de generación por sombra 404,71 kWh/m<sup>2</sup>/año respecto a todos los ángulos de inclinación y por encima del promedio de pérdidas de generación por incidencia de rayos solares 21,28 kWh/m<sup>2</sup>/año respecto a todos los ángulos de inclinación.

**Tabla 5.** Resultados de simulaciones a 5°

Mes	Generación final kWh/mes	Pérdidas	
		Sombreado kWh/m <sup>2</sup>	Incidencia kWh/m <sup>2</sup>
Enero	131,8	73,33	1,8
Febrero	117,8	65,96	1,5
Marzo	131,2	71,41	1,714
Abril	118,4	65,59	1,806
Mayo	129,5	65,07	2,106
Junio	122	68,74	1,892
Julio	147,5	71,5	2,206
Agosto	135,1	76,97	1,969
Septiembre	125,3	69,93	2,097
Octubre	121,7	64,08	1,908
Noviembre	118,6	59,46	2,011
Diciembre	124,1	64,67	2,014
Total anual	1523,2	816,7	23,039

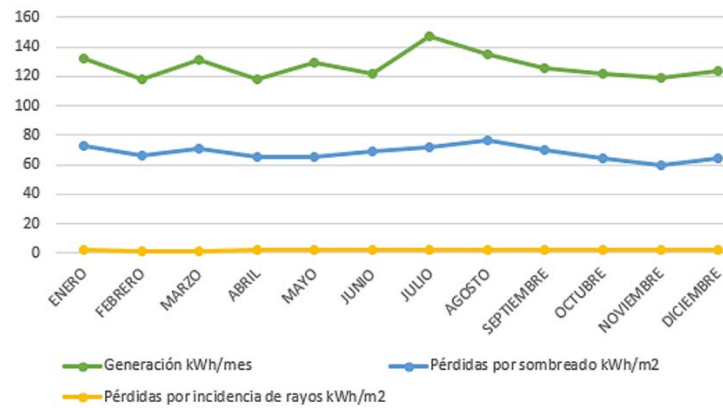


Figura 9. Resultados simulaciones a 5°

En la Tabla 6 y la Figura 10 se observan los resultados obtenidos de la simulación a 30°, los cuales arrojan el nivel máximo de pérdidas de generación por incidencia de los rayos solares, también arrojan la máxima generación de energía eléctrica, la producción de la persiana a este ángulo se encuentra por encima del promedio 1724,61 kWh/año de generación respecto a todos los ángulos de inclinación, por encima del promedio de pérdida de generación por sombra 404,71 kWh/m<sup>2</sup>/año respecto a todos los ángulos de inclinación y por debajo del promedio de pérdidas de generación por incidencia de rayos solares 21,28 kWh/m<sup>2</sup>/año respecto a todos los ángulos de inclinación.

Tabla 6. Resultados de simulaciones a 30°

Mes	Generación final kWh/mes	Pérdidas	
		Sombreado kWh/m <sup>2</sup>	Incidencia kWh/m <sup>2</sup>
Enero	156,8	47,55	1,281
Febrero	139,3	43,4	1,067
Marzo	157,8	48,06	1,136
Abril	143,5	44,06	1,139
Mayo	158,7	44,61	1,244
Junio	146,7	45,45	1,203
Julio	182,1	49,89	1,236
Agosto	164,5	50,51	1,206
Septiembre	153,2	45,58	1,250
Octubre	147,9	43,05	1,181
Noviembre	146,4	39,75	1,172
Diciembre	150,9	42,74	1,314
Total anual	1847,8	544,65	14,428

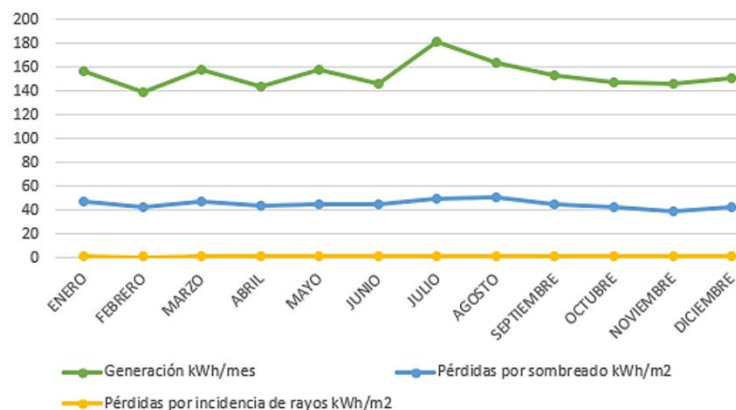
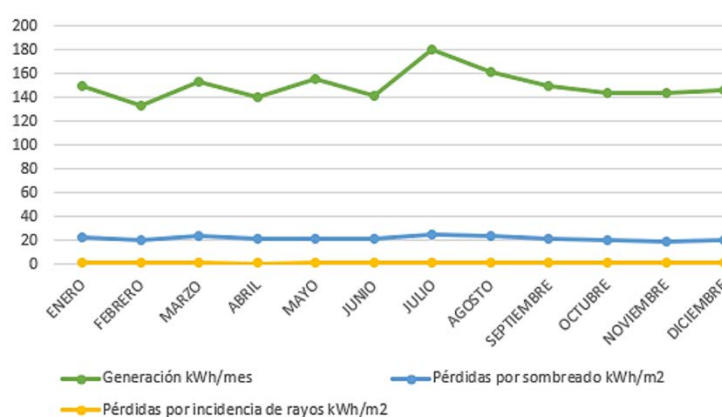


Figura 10. Resultados simulaciones a 30°

En la Tabla 7 y la Figura 11 se observan los resultados obtenidos de la simulación a 60°, la generación de la persiana a este ángulo se encuentra por encima del promedio 1724,61 kWh/año de generación respecto a todos los ángulos de inclinación, por debajo del promedio de pérdida de generación por sombra 404,71 kWh/m<sup>2</sup>/año respecto a todos los ángulos de inclinación y por debajo del promedio de pérdidas de generación por incidencia de rayos solares 21,28 kWh/m<sup>2</sup>/año respecto a todos los ángulos de inclinación.

**Tabla 7.** Resultados de simulaciones a 30°

Mes	Generación final kWh/mes	Pérdidas	
		Sombreado kWh/m <sup>2</sup>	Incidencia kWh/m <sup>2</sup>
Enero	150,2	22,32	2,069
Febrero	133	20,63	1,742
Marzo	153,7	23,46	1,728
Abril	140,1	21,39	1,569
Mayo	156,1	22,16	1,736
Junio	141,4	21,33	1,858
Julio	181,1	25,36	1,883
Agosto	161,6	24,11	1,761
Septiembre	149,5	21,62	1,631
Octubre	143,9	20,89	1,644
Noviembre	144,6	19,63	1,619
Diciembre	146,6	20,81	1,944
Total anual	1801,9	263,72	21,186



**Figura 11.** Resultados simulaciones a 60°

El software de simulaciones PVSyst arroja resultados de generación de ángulo por hora, los cuales se resumen en la Tabla 8. Estos permiten hallar la generación crítica, es decir, el ángulo de inclinación por hora en que se produciría menor cantidad de energía eléctrica. Así como también, se identifica la generación máxima del sistema determinando el ángulo de inclinación por hora donde se produce mayor cantidad de energía eléctrica, es decir, la máxima generación que puede suministrar el sistema.

**Tabla 8.** Punto crítico y máximo por ángulo de inclinación por hora y su generación (por año)

Hora	Generación crítica		Generación máxima		
	kW/h	Ángulo (°)	kW/h	Ángulo (°)	Diferencia kW/h
6am	23,90	0	159,80	85	135,9
7am	126,1	0	280,6	85	154,5
8am	224,8	0	310,3	60	85,5
9am	249	90	299,9	30	50,9
10am	182,7	90	275,8	30	93,1
11am	95,1	90	217,5	20	122,4
12pm	75,5	80	201,2	0	125,7
01pm	7,2	60	177,6	0	170,4
02pm	55	45	136,5	0	81,5
03pm	23,5	5	87,4	0	63,9
04pm	11,9	5	33,2	0	21,3
05pm	0,5	5	2,7	85	2,2
Generación anual	1075,20			2182,50	1107,3

La diferencia de kW/h que se presenta entre la generación crítica y la generación máxima es considerable, ya que en los mejores ángulos de inclinación se puede duplicar la producción de energía eléctrica, lo cual da la posibilidad de aprovechar la mejor captación de rayos solares y utilizar esta energía en pro del beneficio de la institución, sin embargo, cabe resaltar que la generación en puntos críticos es viable, puesto que se aprovecha la luz solar, se ayuda al medio ambiente disminuyendo la contaminación causada por las energías



convencionales y se implementan las energías renovables en las UTS. Por tanto, se propone un diseño de persiana FV eje rotativo en la parte superior (Figura 9) en cada hilera de paneles ya que de esta manera se evita la sombra producida por el techo y además se logra que la persiana sobresalga totalmente y se aproveche el área total de cada *string*.

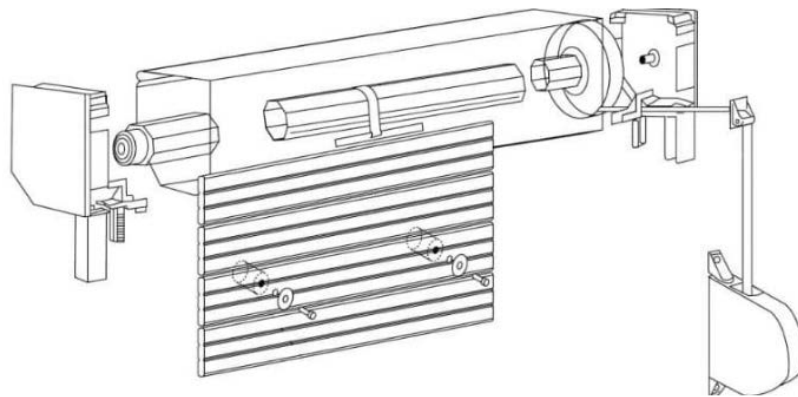


Figura 12. Ejemplo de persiana [15]

Con base al eje rotativo se proponen 3 mecanismos para el posicionamiento del ángulo de inclinación de las persianas:

1. *Mecanismo manual*: este mecanismo consta del movimiento de la persiana por manipulación manual, es decir se cambia el ángulo de inclinación de acuerdo a la decisión de la persona o grupo de personas que estén utilizando el laboratorio o a lo establecido mediante los resultados de las simulaciones y los demás parámetros, este mecanismo permitirá que la persona siempre tenga el control de las persianas y pueda moverlas a su acomodo.
2. *Mecanismo automático*: este mecanismo consta de la implementación de un sistema automatizado que permitirá la regulación del ángulo de inclinación de la persiana solar de acuerdo a las condiciones asignadas a la programación del sistema de control considerando los resultados de simulación obtenidos. El sistema de control debe variar el ángulo de inclinación considerando mediciones obtenidas por sensores de humedad y sensor de irradiancia.
3. *Mecanismo mixto*: este consta de la implementación de los dos mecanismos anteriormente descritos, esta opción de mecanismo brindará la facilidad de maniobrar las persianas de acuerdo a la necesidad de quienes estén utilizando el laboratorio de energías renovables, por ejemplo, si se requiere más luz solar en algún momento y la persiana están en un ángulo de inclinación que impide el paso de esta, el mecanismo manual permitirá abrirlas; y en caso de que no se esté utilizando el laboratorio, el mecanismo tendrá la autonomía de variar el ángulo de inclinación de acuerdo a su programación.

#### 4. CONCLUSIONES

Se identificaron los parámetros de temperatura e irradiancia de los últimos cinco años (2017-2022) en la base de datos de la NASSA-SSE. El objetivo fue calcular la media aritmética de estas dos características para cada día y hora, con el propósito de identificar los momentos críticos del sistema. Se logró evaluar la generación producida por la persiana FV en el Software PVsyst con el fin de verificar su funcionamiento incluso en condiciones desfavorables. Los resultados demostraron que el sistema puede generar una cantidad anual de 1075,2 kWh en condiciones críticas mientras que en condiciones de generación máxima este valor se incrementa hasta 2182,5 kWh anuales.

El software PVsyst permitió el dimensionamiento del sistema fotovoltaico propuesto, el cual está conformado por seis paneles solares de marca Yangtze Modelo YS300M-60 de 300wp disponibles en el Laboratorio de Energías Renovables de las UTS. Dichos paneles se encuentran conectados en dos cadenas de tres paneles cada una, configurados en una conexión final en paralelo. Además, se instala un inversor marca Fronius

Galvo seleccionado con el valor de la potencia del sistema fotovoltaico, tomando en consideración la corriente de cortocircuito y el voltaje de circuito abierto. Las simulaciones abarcaron ángulos de inclinación entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  con incrementos graduales de  $5^\circ$ . Con el proceso de simulación se obtuvo la generación de energía por cada grado de inclinación y asimismo las pérdidas debido a las sombras y a la incidencia de los rayos solares.

Los resultados demostraron que la generación máxima de energía se obtiene con un ángulo de inclinación de  $30^\circ$  mientras que la mínima se registra con  $90^\circ$ . Las mayores pérdidas de energía se deben al sombreado con un ángulo de inclinación igual a  $5^\circ$  mientras que las menores se dan con una inclinación de  $90^\circ$ . Del mismo modo, la mayor pérdida por incidencia de los rayos solares sucede con un ángulo de inclinación de  $90^\circ$  mientras que las pérdidas más bajas se dan con un ángulo de inclinación igual a  $30^\circ$ . En vista de estos resultados, el diseño de las persianas solares se debe concebir teniendo en cuenta los datos obtenidos, siendo crucial garantizar el cumplimiento de la vida útil de los paneles solares.

Los parámetros de diseño propuestos se definieron con base en el análisis realizado de la incidencia de los rayos solares captados en el Laboratorio de Energías Renovables de las UTS. Las simulaciones evidenciaron que, para dicho laboratorio, el ángulo de inclinación que maximiza la captación de rayos solares es igual a  $30^\circ$  y la menor pérdida de generación de energía causada por las sombras, sucede en un ángulo de inclinación igual a  $90^\circ$ . De acuerdo con lo anterior, se garantiza la vida útil de los paneles solares y la generación máxima por hora, permitiendo variar dichos ángulos de inclinación cada hora del día generando la mayor cantidad de energía (2182,5 kWh anual).

Cabe destacar que estos parámetros no solo consideran la cantidad de energía generada, sino también aspectos como la longevidad de los paneles solares, los mecanismos de ajuste y las necesidades específicas del laboratorio. Adicionalmente, estos parámetros sientan las bases para la conceptualización de diversas estrategias de control destinadas a dirigir el movimiento de las persianas. Estas alternativas podrían comprender un accionamiento manual, un sistema automatizado o incluso una combinación de ambos enfoques.

Existe variedad de bases de datos que almacenan información geográfica y climatológica. En este contexto se sugiere la obtención de datos a partir de una base de datos con un registro histórico extenso, lo cual garantiza la veracidad de la información, a exactitud y la precisión de los resultados que se obtengan. La realización de un análisis adecuado resulta fundamental, ya que su omisión podría ocasionar pérdidas de energía más significativas y una reducción en la vida útil del sistema. Con respecto al diseño del mecanismo de la persiana solar se propone la combinación de sistemas manuales con sistemas automáticos, permitiendo al usuario tener el control sobre las persianas de acuerdo con las necesidades específicas del Laboratorio de Energías Renovables.

## REFERENCIAS

- [1] González J. et al. (2009). Centrales de energías renovables. Pearson.
- [2] Williams R. (1960). Becquerel photovoltaic effect in binary compounds. *J. Chem. Phys.* 32, 1505-1514.
- [3] Einstein A. y Ruiz E. (2005). Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz-Einstein la termodinamica y la naturaleza de la luz. *Boletín la Soc. Mex. Fis.* 19, 151-164.
- [4] Kang H. et al. (2019). Technical performance analysis of the smart solar photovoltaic blinds based on the solar tracking methods considering the climate factors. *Energy Build* 190, 34-48.
- [5] Nasir M. y Mutale J. (2016). Optimal sizing of solar FV/battery and biogas generator in remote microgrid. En 51st International Universities Power Engineering Conference.
- [6] Messenger R. y Ventre J. (2004). *Photovoltaic Systems Engineering*. Taylor & Francis.
- [7] Arenas M. et al. (2022). Procedure used to estimate the power production of a photovoltaic module operating under partial shading conditions. *Computation* 10, 167.
- [8] Evely V. et al. (2012). Enhancement of photovoltaic solar module performance for power generation in the Middle East. En 28th Annual IEEE Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium.
- [9] Ayara W. et al. (2019). Optimum angle of inclination for a fixed stand-alone photovoltaic: A review. *J. Phys. Conf. Ser.* 1299, 012021.
- [10] Kanchana W. y Singh J. (2022). Detection of Invisible Solar PV Installations in Power Distribution System: A Review. En International Conference and Utility Exhibition on Energy, Environment and Climate Change.
- [11] Simulation Program PVSYST. (2020) PVSYST. Recuperado: <https://www.pvsyst.com/>
- [12] NASA. (2023). Power larc NASA. Recuperado: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- [13] ENF Solar. (2023). Yangtze YS300M-60 300Wp. Recuperado: <https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/32675>
- [14] Fronius International GmbH. (2023). Fronius Galvo. Recuperado: <https://www.fronius.com/>
- [15] David P. (2023). Persianas David. Recuperado: <https://www.persianasdavid.online/>

# Propuesta de evaluación técnico-financiera para implementación de sistemas fotovoltaicos en instituciones de educación superior

Franky Yoan Cely Quesada<sup>1</sup>

Alonso de Jesús Retamoso Llamas<sup>2</sup>

Michael Arenas Flórez<sup>3</sup>

Fabio Alfonso González<sup>4</sup>

*Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia*

En esta investigación se realizó la evaluación técnica y financiera de la instalación de un sistema fotovoltaico; se contemplaron dos posibles escenarios: uno conectado a la red *on grid* y el otro aislado *off grid*, y para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos se utilizó la herramienta computacional PVSYS. Los resultados se obtuvieron mediante el dimensionamiento de los dos tipos de sistemas teniendo en cuenta las normativas vigentes, y se realizó una evaluación financiera contemplando las herramientas VAN, TIR y PAYBACK para determinar la viabilidad de la inversión. La comparativa realizada permitió obtener una mejor noción del comportamiento de un sistema fotovoltaico en la ciudad de Bucaramanga, Colombia, dependiendo del tipo de instalación. Esto fue posible debido a que la generación es el resultado de la disponibilidad en área, lo que estandariza las condiciones y permite conocer el comportamiento diferencial de los sistemas *on grid* y *off grid*. Este estudio busca incentivar la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica basada en fuentes alternativas en instituciones de educación superior en el departamento, y aumentar la visibilidad y el interés acerca de las energías renovables ante la comunidad general, mejorando también la imagen corporativa de las instituciones, para esto se toma como caso de estudio el edificio C de la institución Unidades Tecnológicas de Santander.

---

<sup>1</sup> Magíster en Energías Renovables. Contacto: [fcely@correo.uts.edu.co](mailto:fcely@correo.uts.edu.co)

<sup>2</sup> Magíster en Potencia Eléctrica. Contacto: [alonsoretamoso@correo.uts.edu.co](mailto:alonsoretamoso@correo.uts.edu.co)

<sup>3</sup> Magíster en Ingeniería Eléctrica. Contacto: [marenasf@correo.uts.edu.co](mailto:marenasf@correo.uts.edu.co)

<sup>4</sup> Magíster en Potencia Eléctrica. Contacto: [fagonzalez@correo.uts.edu.co](mailto:fagonzalez@correo.uts.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos del gobierno colombiano es el aumento de la integración de fuentes no convencionales de energías renovables en el marco de la transición energética para garantizar un desarrollo sostenible, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y fortalecer la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica aportando así a la soberanía energética de la nación [6]. El estado colombiano participa de importantes convenios internacionales en torno a la descarbonización de la matriz energética, lo que motiva el desarrollo e implementación de sistemas de generación de energía con base en fuentes renovables.

Las instituciones educativas debido al gran tamaño de sus instalaciones físicas y la cantidad de personas que en ellas se educan y laboran, representan una parte significativa del consumo de energía eléctrica a nivel local, por tal motivo el desarrollo de proyectos con tecnologías fotovoltaicas en las universidades podrá ser un referente[8] para la sociedad en general sobre la importancia de la incorporación de dichas tecnologías en el Sistema Interconectado Nacional SIN.

El diseño de un sistema fotovoltaico requiere información acerca del perfil de consumo de energía eléctrica del sitio, el cual depende directamente de los horarios de funcionamiento, los picos de ocupación [9], y el uso de las instalaciones así como del tipo de cargas que se manejan, factores que son similares en las instituciones universitarias [7]. Por tal motivo el presente estudio incentivará la aplicación y divulgación de manera amplia de los resultados obtenidos.

El comportamiento de la radiación solar en el año es mayoritariamente estable para ubicaciones cercanas a la latitud ecuatorial [18], lo cual hace prever que la generación de energía eléctrica con sistemas fotovoltaicos se comportará de manera similar en todo momento. Gran parte de las actividades educativas se desarrollan durante la jornada diurna, factor que coincide con la curva de radiación solar [7] y permite que la casi totalidad de la energía generada, se consuma inmediatamente evitando el desgaste y uso excesivo de los sistemas de acumulación (en sistemas *off-grid*) o los grandes intercambios con los operadores de red (en sistemas *on-grid*).

## 2. MÉTODO

Para llevar a cabo el análisis del perfil energético del lugar y la evaluación de factores relacionados con la implementación de sistemas fotovoltaicos, se realizó una investigación de tipo exploratorio y descriptivo. Una investigación exploratoria es útil para adentrarse en un tema poco explorado o desconocido, como la implementación de sistemas fotovoltaicos en un contexto educativo específico. Una investigación descriptiva es adecuada para recopilar, describir y analizar información detallada sobre las características y condiciones existentes. En este caso, la investigación descriptiva permitiría recopilar datos sobre el lugar donde se implementará el sistema fotovoltaico, las características de la cubierta, los patrones de consumo de energía eléctrica y la radiación solar.

Durante el desarrollo de la investigación, se llevó a cabo un análisis bibliográfico en torno al impacto de la aplicación de sistemas fotovoltaicos en entornos educativos. El propósito era efectuar una evaluación integral del panorama actual de los estudios emprendidos en dicha área.

Con el objetivo de llevar a cabo una comparativa integral entre dos sistemas fotovoltaicos considerando sus aspectos técnicos y financieros, con el propósito de establecer una guía estratégica para la implementación de sistemas fotovoltaicos tomando como caso de estudio el edificio C de las Unidades Tecnológicas de Santander UTS.

Primero se recopiló información detallada sobre los sistemas fotovoltaicos bajo evaluación, así como datos específicos acerca de las instalaciones y requerimientos particulares de las UTS [14]. Segundo, se identificaron los factores técnicos críticos que influyen directamente en el desempeño y la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos, tales como la ubicación geográfica, la orientación y el ángulo de los paneles solares, la capacidad de generación y la eficiencia energética. Tercero, se lleva a cabo un análisis de los

aspectos financieros asociados a la implementación de los sistemas, contemplando los costos de instalación y mantenimiento, el ciclo de vida esperado y los posibles ahorros energéticos a lo largo del tiempo. Cuarto, la comparación entre ambos sistemas se basa en criterios técnicos y financieros, empleando métricas cuantitativas como el análisis de costo-beneficio y el retorno de inversión [16].

Realizar el análisis del perfil energético del lugar demanda la obtención precisa de información relativa al entorno que acogerá el sistema fotovoltaico [11]. En este caso de estudio, los datos se recolectaron in situ, considerando las particularidades estructurales del tejado. La proyección de consumo eléctrico se configuró basándose en los extractos de facturación emitidos por el Operador de Red OR, mientras que la radiación solar se extrajo de las fuentes meteorológicas disponibles para la región [10].

Llevar a cabo el análisis del perfil energético del lugar requiere la obtención de información relativa al espacio en el que se implementará el sistema fotovoltaico. Para este caso de estudio los datos fueron tomados in situ teniendo en cuenta las características propias de la cubierta, la proyección de consumo de energía eléctrica se realizó teniendo en cuenta las facturas de cobro del OR y la radiación solar fue tomada de las bases de datos meteorológicas disponibles para la zona.

El diseño se apoyó en el uso de herramientas informáticas como Autocad y PVSyst tanto para el dimensionamiento del uso de los espacios en la proyección de generación de energía eléctrica. PVSyst es un software sencillo empleado en el desarrollo de sistemas fotovoltaicos que simula y analiza su comportamiento de manera rápida [5].

Las UTS son un establecimiento de educación superior de carácter público que cuenta con un aproximado de 17000 estudiantes en su sede principal en Bucaramanga cuya área construida es de alrededor de 50000 m<sup>2</sup> ubicada en el suroriente de la ciudad de Bucaramanga sobre la avenida los estudiantes. El sitio de interés de la investigación se encuentra en las coordenadas Lat. 7.105012456707958 Long. -73.12381506480087.

Las actividades misionales y de docencia se realizan de lunes a sábado en horarios comprendidos entre las 5:45 am y las 10:00 pm, en este intervalo se realizan todo tipo de actividades relacionadas con el desarrollo de la institución como clases, laboratorios, actividades artísticas, deportivas, administrativas, entre otras [17]. En la Figura 1 se muestra una vista aérea de las instalaciones físicas de las UTS.



**Figura 1.** Instalaciones físicas de las UTS [21]

El consumo de energía eléctrica del lugar en gran medida es debido a la iluminación, el confort térmico y la operación de pequeñas maquinarias en el laboratorio. Es esencial comprender el consumo en consonancia con el comportamiento del sitio, dadas las particularidades propias de la instalación [13]. En la Tabla 1 se relacionan los consumos de energía eléctrica de los últimos 12 meses de la carga que corresponde al análisis.

**Tabla 1.** Consumo mensual de la carga

Mes	Consumo Mes (kWh)
Enero	2587,2
Febrero	3590,4
Marzo	3009,6
Abril	4276,8
Mayo	4910,4
Junio	4276,8
Julio	4276,8
Agosto	2508,0
Septiembre	3564,0
Octubre	5227,2
Noviembre	4593,6
Diciembre	5068,8

El recurso solar presente en la zona se analizó utilizando la base de datos PVGIS, el ángulo de inclinación del plano fue seleccionado de acuerdo con el método de la inclinación óptima anual (ecuación (1)) [12].

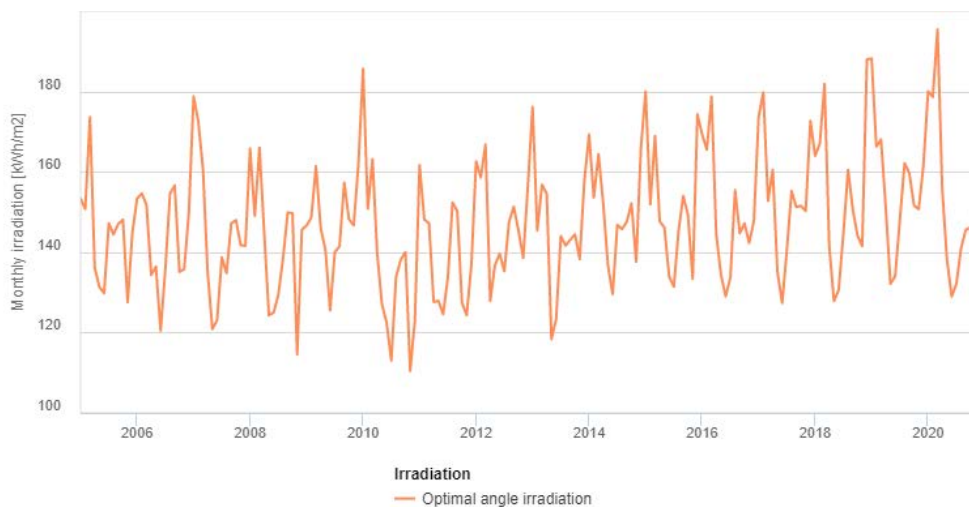
$$\beta_{opt}=3.7+0.69 \times |\varphi| \quad (1)$$

Donde  $\varphi$  es la latitud del lugar, entonces:  $\beta_{opt}=3.7+0.69 \times |7.1|=8.599^{\circ} \approx 8.6^{\circ}$

De este proceso se obtienen los valores relacionados de la Tabla 2 y en la Figura 2.

**Tabla 2.** Irradiación promedio para el plano inclinado

Mes	HSP Promedio mes	HSP Promedio día
Enero	169,264375	5,460141129
Febrero	158,8125	5,671875
Marzo	166,08625	5,357620968
Abril	143,66125	4,788708333
Mayo	132,135625	4,242439516
Junio	127,94625	4,264875
Julio	137,11875	4,423185484
Agosto	147,15	4,746774194
Septiembre	149,6225	4,987416667
Octubre	145,51125	4,69391129
Noviembre	135,820625	4,527354167
Diciembre	155,719375	5,023205645



**Figura 2.** Histórico de irradiación de 15 años, tomado de PVGIS [22]

En la Tabla 3 se muestra la relación entre la energía eléctrica necesaria durante el mes y la energía solar disponible, mostrando una mayor necesidad de generación en el mes de mayo en el cual el consumo diario es de 158,4kWh.

**Tabla 3.** Relación consumo energía eléctrica mensual y promedio mensual de irradiación solar

Mes	Promedio mes (HSP/mes)	Consumo (kWh/mes)	Relación Consumo-Energía solar (kWh/HSP)
Enero	169,264375	2587,2	15,28496472
Febrero	158,8125	3590,4	22,60779221
Marzo	166,08625	3009,6	18,12070536
Abril	143,66125	4276,8	29,77003193
<b>Mayo</b>	<b>132,135625</b>	<b>4910,4</b>	<b>37,16181764</b>
Junio	127,94625	4276,8	33,42653653
Julio	137,11875	4276,8	31,1904827
Agosto	147,15	2508,0	17,04383282
Septiembre	149,6225	3564,0	23,81994687
Octubre	145,51125	5227,2	35,92299564
Noviembre	135,820625	4593,6	33,82107835
Diciembre	155,719375	5068,8	32,55086273

Con esta información se realizó el dimensionamiento de la cantidad de paneles fotovoltaicos a instalar teniendo en cuenta la energía generada por cada panel calculada con la ecuación (2) [12].

$$E_p = W_p \times HSP \times FS \times PR \quad (2)$$

Donde:

$W_p$  = Potencia del módulo = 550 W.

HSP = Horas Solares Pico = 4.2

FS = Factor de sombras = 1

Esto se define como unitario pues el edificio no colinda con estructuras de mayor altura y el plan de ordenamiento territorial de la ciudad de Bucaramanga no permite la construcción de edificaciones altas en la zona debido a la inestabilidad del terreno, por este motivo se puede asegurar que no se tiene ni tendrá edificaciones cercanas que afecten el sistema con sombras.

El Performance ratio se calcula con la ecuación (4).

$$PR = \left(1 - \frac{P_1}{100}\right) \times \left(1 - \frac{P_2}{100}\right) \times \left(1 - \frac{P_3}{100}\right) \times \dots \times \left(1 - \frac{P_n}{100}\right) \quad (4)$$

- $P_1$  = Pérdidas por temperatura del panel = 3,4%. En este caso, y considerando que la temperatura acumulada sobre la superficie aumentará un 10% sobre la temperatura nominal de funcionamiento, y que el comportamiento del panel es de -0,34%/°C, se definirá un 3,4% de pérdidas.
- $P_2$  = Pérdidas por polvo y suciedad = 3%. Se considera un valor del 3% teniendo en cuenta su ubicación dentro del casco urbano, pero lejos de autopistas, construcciones, pistas y demás actividades que podrían aportar partículas de suciedad sobre los paneles fotovoltaicos.
- $P_3$  = Dispersión parámetros entre módulos = 2%
- $P_4$  = Cableados = 4,5%
- $P_5$  = Eficiencia de equipos = 2%

Entonces:

$$PR = \left(1 - \frac{3.4}{100}\right) \times \left(1 - \frac{3}{100}\right) \times \left(1 - \frac{2}{100}\right) \times \left(1 - \frac{4.5}{100}\right) \times \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 0.8594 \approx 0.86$$

Con estos valores se calculó la energía diaria mínima producida por cada panel fotovoltaico:

$$E_p = 550 \text{ W} \times 4,2 \text{ h} \times 1 \times 0,86 = 1986,6 \text{ Wh}$$

Con los valores de energía eléctrica consumida y generada (por panel), con la ecuación (5) se proyecta la cantidad mínima de módulos solares para el suministro total de energía.

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Energía consumida}}{\text{Energía generada por panel}} = \frac{158,4 \text{ kWh}}{1,9866 \text{ kWh}} = 79.73 \approx 80 \text{ paneles} \quad (5)$$



Cada panel fotovoltaico requiere un espacio adicional al área que ocupa físicamente debido al espaciado entre paneles para evitar el efecto de las sombras, y se calcula con la ecuación (6).

$$d = \frac{h}{\tan(61-\varphi)} \quad (6)$$

Donde:

$h$  es el punto más alto del módulo:  $h = 2.384 \times \text{Sen}(8,6^\circ) = 0,357\text{m} \approx 35,7 \text{ cm}$

$\varphi$  es el ángulo de inclinación del módulo

$$d = \frac{0,357}{\tan(61 - 8,6)} = 0,2749\text{m}$$

Este valor que se suma a la longitud del panel para obtener el área real ocupada por el módulo incluyendo el espacio de su sombra:

$$\text{Área panel} = (2,3572 + 0,2749)\text{m} \times 1,134\text{m} = 2,98 \text{ m}^2$$

Para el sistema se requiere un área total de:

$$\text{Área sistema} = 2,98 \frac{\text{m}^2}{\text{panel}} \times 80\text{paneles} = 238,4\text{m}^2$$

En la Figura 3 se muestra el área disponible en cubierta para la ubicación de los paneles solares, para el caso de estudio se cuenta con 2305m<sup>2</sup>.

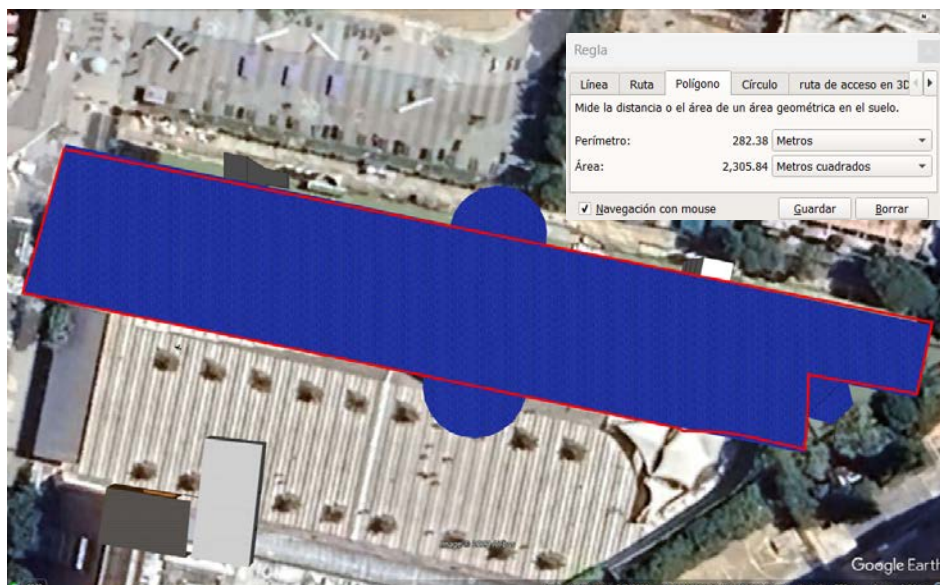


Figura 3. Área disponible en cubierta [21]

Se diseñó el sistema fotovoltaico conectado a la red (*on grid*) teniendo en cuenta la capacidad instalada en paneles fotovoltaicos, para aprovechar toda la generación de energía eléctrica se determinó un valor mínimo de potencia en el inversor:

$$\text{Potencia instalada paneles} = 80 \text{ paneles} \times 550 \frac{\text{W}}{\text{Panel}} = 44000 \text{ W} = 44\text{kW}$$

Se definió el Inversor *on grid* Growatt MAX 50 KTL3-XL debido a su alta eficiencia, el uso de 8 algoritmos MPPT, su capacidad de variar el factor de potencia y la posibilidad de centralizar toda la generación en un único módulo. Teniendo en cuenta los parámetros de funcionamiento del inversor se planteó el tipo de conexión:

Tensión máxima de entrada del inversor= 550 Vdc con un rango de funcionamiento MPPT de 150 – 850 Vdc.  
Tensión del punto de máxima potencia de los paneles= 31,8 Vdc

Entonces:

$$\text{Número máximo de paneles en serie} = \frac{550 \text{ Vdc}}{31,8 \text{ Vdc}} = 17,29 \text{ paneles} = 17 \text{ paneles}$$

El inversor soporta un máximo de 2 cadenas con 40 A en total por cada MPPT, entonces se conectarán los paneles en una disposición de 5 strings de 16 paneles cada uno.

El cuarto de equipos se plantea en el piso 4, donde se encuentra un cuarto disponible con un área total de 40 m<sup>2</sup> que tiene acceso a conexión con el tablero general de acometidas a través de un buitrón, esta característica nos permite conectar la salida del inversor con los barrajes eléctricos principales de la edificación, las distancias que se manejan son 3 metros de piso a techo y una distancia por buitrón hasta el punto de conexión de 26 metros.

Para la selección del cableado y las protecciones se estableció una caída de tensión máxima de 1,5% en el circuito de continua que se distribuye:

Caída de tensión paneles - caja de conexión DC = 1%

$$\begin{aligned} \text{Caída de Tensión máxima en ramales} &= \text{número de paneles en serie} * V_{\text{pico panel}} * 0,01 \\ \text{Caída de Tensión máxima en ramales} &= 17 * 31,8 \text{ Vdc} * 0,01 = 5,406 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

Caída de tensión caja de conexión DC - Entrada del inversor = 0,5%

$$\text{Caída de Tensión máxima en centralizador} = 17 * 31,8 \text{ Vdc} * 0,005 = 2,703 \text{ Vdc}$$

Aplicando el criterio de la caída máxima de tensión, con la ecuación (7) se calculó una sección mínima de conductor para los ramales de acuerdo [20].

$$S = \frac{2 \times P \times L}{\gamma \times e \times U} \quad (7)$$

Donde:

P la potencia del *string*

L la longitud en metros

e la caída de tensión

U la tensión de línea

$\gamma$  la conductividad

Entonces:

$$S = \frac{2 \times 8800 \times 10}{44 \times 5,406 \times 508,8} = 1,45 \text{ mm}^2$$

Aplicando a todos los tramos se obtuvo la información consignada en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Sección transversal de los conductores para el sistema *on grid*

Tramo	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )
Paneles-centralizador	1,45
Centralizador-inversor	11,63
Inversor-punto de conexión	17,9

Se proyectó la generación anual de energía eléctrica en el software PVSyst [19] para el sistema fotovoltaico conectado a la red, como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Proyección de generación anual en el sistema fotovoltaico *on grid*

Mes	Irradiación plano inclinado mensual (HSP)	Energía generada (kWh)
Enero	178,3	6642
Febrero	156,9	5795
Marzo	165,4	6105
Abril	145,8	5394

Mayo	148,8	5533
Junio	146,0	5428
Julio	163,4	6048
Agosto	166,4	6163
Septiembre	158,6	5893
Octubre	153,2	5706
Noviembre	151,1	5672
Diciembre	162,8	6071
Anual	1896,7	70450

En la Figura 4 se muestra la curva de inyección de energía en AC desde el sistema fotovoltaico [19].

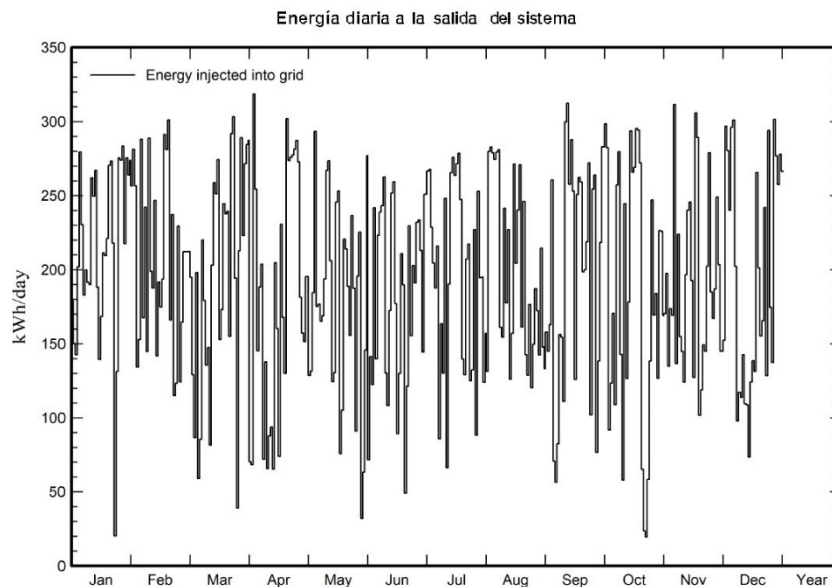


Figura 4. Energía entregada por el sistema fotovoltaico, tomada de PVSYST [19]

Luego se diseñó el sistema fotovoltaico aislado contemplando la misma cantidad de paneles puesto que se determinó el número de módulos utilizando el método del peor mes. La selección de reguladores se realizó de acuerdo con las características de la potencia fotovoltaica instalada, se propuso el uso de 8 controladores de carga Morningstar GenStar GS-MPPT-100M-200V 100A 48VDC MPPT.

$$\text{Número máximo de paneles} = \frac{\text{Potencia máxima regulador}}{\text{Potencia máxima panel}} = \frac{5200 \text{ W}}{550 \text{ W}} = 9,45 \approx 9 \text{ paneles}$$

Para realizar la conexión de la totalidad de los paneles se planteó el uso de 10 reguladores, con 8 paneles fotovoltaicos asociados a cada uno de ellos.

Para el caso del sistema fotovoltaico aislado, la selección del inversor depende de la potencia instalada para consumo, en este caso la carga es de 20kW, asumiendo que todas las cargas funcionan al tiempo se aplica un factor de seguridad del 20%:

$$\text{Potencia del inversor} = 20\text{kW} \times 1.2 = 24\text{kW}$$

Se definen 4 inversores Schneider Conext VM+8548 E de 6,8kW para suministrar potencia en AC a la carga.

Para el dimensionamiento del banco de baterías se aplicó el método Ampere-hora, contemplando baterías de descarga profunda LFP Smart 12,8/200 y una tensión en el banco de baterías de 48 V:

$$C = \frac{168619,3 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times 2 \text{ días}}{48 \text{ V} \times 0,8} = 8782,25 \text{ Ah}$$

Donde:

Tensión = 48V

N= 2 días

Profundidad de descarga: 80%  
 Factor de seguridad: 20%  
 L = 168619,3 Wh/d

Se calculó la cantidad de baterías [12], lo que representa 176 baterías en total:

$$\text{Cantidad de ramas} = \frac{8782,25Ah}{200Ah} = 43,9 \approx 44 \text{ ramas}$$

Se calculó la sección transversal de los conductores contemplando [20] y teniendo en cuenta que la caída de tensión en DC no puede superar el 1,5% de la tensión nominal, esta se distribuye entre los tramos paneles-regulador, regulador-baterías y baterías-inversor, no se tuvo en cuenta ubicación de caja de concentración o conexiones pues a cada regulador se conecta directamente un *string*, para cada tramo en continua se definió una caída de tensión máxima de 0,5% y para el circuito de alterna un 3%, la caída de tensión se definió de acuerdo con el voltaje presente en cada uno de los tramos (Tabla 6).

**Tabla 6.** Sección transversal de los conductores para el sistema *off grid*

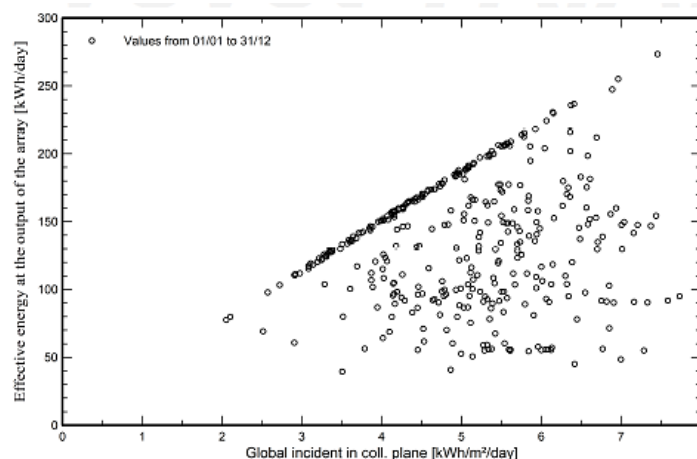
Tramo	Tensión (V)	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )
Ramal-controlador	254,4	6,18
Controlador-baterías	48	34,72
Baterías-inversor	48	53,66
Inversor-tablero de distribución	220	2,77

Con los elementos que componen el sistema definidos se proyectó la generación anual en el software PVSYST [19] (Tabla 7).

**Tabla 7.** Proyección de generación anual en el sistema fotovoltaico *off grid*

Mes	Irradiación plano inclinado (HSP)	Energía disponible (kWh)	Consumo usuario (kWh)	Energía perdida (kWh)
Enero	178,3	6081	2587,2	3493,8
Febrero	156,9	5721	3590,4	2130,6
Marzo	165,4	5967	3009,6	2957,4
Abril	145,8	5136	4276,8	859,2
Mayo	148,8	5382	4910,4	471,6
Junio	146,0	4998	4276,8	721,2
Julio	163,4	5122	4276,8	845,2
Agosto	166,4	5606	2508,0	3098,0
Septiembre	158,6	5575	3564,0	2011,0
Octubre	153,2	5525	5227,2	297,8
Noviembre	151,1	5751	4593,6	1157,4
Diciembre	162,8	6102	5068,8	1033,2
Anual	1896,7	66966	47889,6	19076,4

En la Figura 5 se muestra el diagrama de entrada y salida diaria de energía del sistema fotovoltaico aislado.



**Figura 6.** Diagrama de entrada y salida diaria [19]

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Luego de definir los elementos que componen los dos tipos de sistemas fotovoltaicos se realizó la relación de costos, contemplando costos de capitalización CAPEX, costos de operación OPEX y costos de desmantelado DECEX. Para el CAPEX se contempló el valor de los materiales, mano de obra, trámites, estructuras, cableado, protecciones y elementos propios del sistema de generación fotovoltaica; en el cálculo del OPEX se tuvo en cuenta el costo de los materiales de mantenimiento, la mano de obra y la gestión de calidad; en el caso del DECEX se plantearon los valores asociados a maquinaria para el desmonte, mano de obra, disposición final y trámites ambientales.

En la Tabla 8 se muestran los costos correspondientes al sistema fotovoltaico conectado a la red:

**Tabla 8.** Costos asociados al sistema fotovoltaico *on grid*

Factor	Costo (\$)
CAPEX	213.901,568
OPEX (Anual)	2.596,000
DECEX	33.040,000

En la Tabla 9 se muestran los costos correspondientes al sistema fotovoltaico aislado.

**Tabla 9.** Costos asociados al sistema fotovoltaico *off grid*

Factor	Costo (\$)
CAPEX	2.049.053,668
OPEX (Anual)	2.596,000
DECEX	33.040,000

Para proceder con el análisis financiero se calculó el valor en pesos colombianos del consumo de energía teniendo en cuenta el costo del impuesto de alumbrado público para las cargas asociadas al sistema fotovoltaico como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Costos de energía

Mes	Consumo (kWh)	Valor unitario (\$/kWh)	Valor total (\$)
Enero	2587,20	754,54	1952145,888
Febrero	3590,40	754,54	2709100,416
Marzo	3009,60	754,54	2270863,584
Abril	4276,80	754,54	3227016,672
Mayo	4910,40	754,54	3705093,216
Junio	4276,80	754,54	3227016,672
Julio	4276,80	754,54	3227016,672
Agosto	2508,00	754,54	1892386,32
Septiembre	3564,00	754,54	2689180,56
Octubre	5227,20	754,54	3944131,488
Noviembre	4593,60	754,54	3466054,944
Diciembre	5068,80	754,54	3824612,352
Total anual			36134618,78

Para estimar los parámetros de VAN, TIR y PAYBACK del proyecto se definió un tiempo de operación de la planta solar fotovoltaica de 30 años, un deterioro anual de los elementos que componen la instalación del 1%, un aumento del precio del kWh del 4% y una rentabilidad mínima del 2,5% para el proyecto, en el OPEX se consideró un aumento anual del 3%.

Para el sistema fotovoltaico *on grid* se realizó el análisis del *payback* teniendo en cuenta la generación total del sistema pues los excedentes se pueden exportar a la red eléctrica o suministrar a otras cargas conectadas en el mismo tablero, entonces sus ingresos están determinados por la generación, en el último año de operación del sistema se proyectó el cargue del DECEX y se realizó un cargue al presupuesto correspondiente a los costos operacionales del sistema [15], en este caso el retorno de inversión del proyecto se da finalizando el cuarto año.

En el caso del sistema fotovoltaico *off grid* el único ingreso que se contempla son los costos no pagados al operador de red por el suministro de energía eléctrica, se percibe una gran diferencia en cuanto a los ingresos y la energía aprovechada pues el sistema no tiene la posibilidad de vender o intercambiar la energía que genera, en este caso el retorno de inversión supera el tiempo de vida útil del sistema. En la Tabla 11 se muestra la aplicación de las herramientas financieras a cada uno de los sistemas.

**Tabla 11.** Herramientas financieras aplicadas a los sistemas fotovoltaicos

Factor	<i>On grid</i>	<i>Off grid</i>
VAN	\$1.766.091,321	-\$993.144,781
TIR	25%	-2%
PAYBACK	4 Años	45,98 Años

El análisis financiero demuestra que la instalación *off grid* no es económicamente viable pues no representa un factor diferencial considerable que le de valor agregado al proyecto pues la instalación actualmente está conectada a la red de energía eléctrica.

El retorno de inversión del sistema *on grid* es de 4 años, el VAN es positivo y su porcentaje destaca que la instalación es económicamente viable y la TIR define un buen punto de equilibrio, es importante tener en cuenta que el factor financiero no es el único elemento de valor de la instalación, también se debe considerar el impacto del uso del sistema en la imagen corporativa de la institución y la motivación a la sociedad en general para el uso de fuentes de energías renovables como reemplazo al uso convencional del suministro energético [2].

La instalación fotovoltaica se clasifica dentro de los auto generadores a pequeña escala según [3] por tener una potencia instalada menor a 0,1 MW y aplica a la tarificación de energía bajo el modelo de permuta de energía mientras el total de su exportación sea menor o igual que la importación de la red, cuando este modelo se ejecute el operador de red cobrará únicamente el costo de comercialización, lo que implica que la energía consumida en la noche será suplida por la que se exporta durante el día respaldando el suministro energético de la instalación.

#### 4. CONCLUSIONES

Los beneficios intangibles de los sistemas fotovoltaicos aislados les el valor agregado que los puede hacer viables puesto que su instalación no requiere disponibilidad por parte de la red eléctrica convencional. Para usuarios que se encuentran cerca a la red o cuentan con conexión al sistema, las instalaciones conectadas a la red son una solución idónea pues la interacción directa con el sistema eléctrico los hace financieramente viables pues se aprovecha la generación en su totalidad y la inversión retorna con mayor facilidad.

Los sistemas de acumulación alternativos son una medida importante dentro de la implementación de instalaciones aislados, es necesario reducir los costos de almacenamiento de energía aportando confiabilidad y mejorando los factores financieros de este tipo de proyectos.

La instalación de sistemas de generación de energía eléctrica basados en fuentes renovables no convencionales en instituciones de educación superior y en general de gran afluencia de personas genera mayor visibilidad y conocimiento en torno a este tipo de proyectos, esto incentiva el uso y aplicación de las mismas en otros sectores de la sociedad.

## REFERENCIAS

- [1] Bardales J. (2016). Estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de Shungun región Amazonas. Universidad César Vallejo.
- [2] Berrío L. y Zuluaga C. (2014). Smart Grid and solar photovoltaic energy as renewable energy source for the distributed generation in the global energy context. Ing. Desarro. 32.
- [3] Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2021). Resolución 174 de 2021. Colombia.
- [4] Gutiérrez V. et al. (2022). Plan de negocios para la comercialización e instalación de paneles fotovoltaicos en edificaciones inmobiliarias residenciales o de oficinas en Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- [5] Kandasamy C. et al. (2013). Solar potential assessment using PVSYST software. En International Conference on Green Computing, Communication and Conservation of Energy (ICGCE).
- [6] Ministerio de Minas y Energía. (2014). Ley 1715 de 2014. Colombia.
- [7] Morales R. et al. (2018). Implementation study of photovoltaic generation in an educational institution. En IEEE International Conference on Automation/XXIII Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA).
- [8] Orboiu S. y Andrei H. (2020). Analyze of Eco-financial Impact of PV System Integration in Educational Institutions. Case Study in Romania. En 12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI).
- [9] Paucar P. y Yubi L. (2020). Pronostico de perfiles de consumo de electricidad a través de modelos estadísticos y desarrollo de una metodología comparativa. Trabajo de grado.
- [10] Plata H. y Rodríguez O. (2021). Estudio de factibilidad en la implementación de energía solar fotovoltaica tipo ON GRID y OFF GRID, enfocado a la granja avícola Santa Rosa en el municipio de Simacota, Santander. Colombia.
- [11] Radeva T. y Mateev V. (2022). Photovoltaic energy usage for public educational building: A case study. En 22nd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA).
- [12] Ruiz A. (2022). Energía solar fotovoltaica Autoconsumo. Energía solar térmica. Madrid.
- [13] Sandoval L. (2013). Energía solar: Estudio de implementación de un sistema de generación de energía para el edificio Yariguies de la Universidad de Santander UDES. Bucaramanga, Colombia.
- [14] Spyridonidou S. y Vagiona D. (2023). A systematic review of site-selection procedures of PV and CSP technologies. Energy Rep. 9, 2947–2979.
- [15] Tébar E. e Isaac C. (2017). Internacionalización. Cadena de valor del proyecto. Análisis económico y mercados emergentes. CEF.
- [16] Ullah A. et al. (2023). Techno-economic and GHG mitigation assessment of concentrated solar thermal and PV systems for different climate zones. Energy Rep. 9, 4763–4780.
- [17] Unidades Tecnológicas de Santander. (2023). Recuperado: <https://www.uts.edu.co/sitio/>
- [18] Vergara P. et al. (2014). Evaluación del potencial solar y eólico del campus centra de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Rev. UIS. Ing. 13, 49–57.
- [19] PVSYST. (2023). Webgenève. Recuperado: <https://www.pvsyst.com/>
- [20] CEAC. (1978). Instalaciones eléctricas generales. Enciclopedia CEAC de electricidad.
- [21] Google Earth. (2023). Recuperado: <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>
- [22] PVGIS. (2023). JRC Photovoltaic Geographical Information System. European Commission.

# Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era

Edición 2

En la Nueva Era es común encontrar equipos de investigación que integran científicos provenientes de diversas disciplinas con el objetivo de comprender mejor y, en última instancia, de resolver los problemas complejos que enfrenta la humanidad de este siglo. Esta forma de trabajar se conoce como Ciencia Transdisciplinar y es un campo de la ciencia en el que científicos, con diversas perspectivas disciplinares, se asocian con la sociedad para comprender mejor y mejorar los procesos y resultados de la colaboración científica. En este libro, diversos académicos presentan su trabajo en Ciencia Transdisciplinar con el objetivo común de hacer progresar el campo con nuevos modelos, métodos y propuestas. En el texto se destacan los temas clave reflejados en cada capítulo y se identifican varias direcciones prometedoras para futuras investigaciones organizadas en torno a los desafíos de la humanidad en la Nueva Era. Asimismo, se hace un llamado a la acción a quienes lideran los sectores de investigación, financiamiento y práctica para que adopten estrategias de creatividad e innovación, en un esfuerzo colectivo para desarrollar Ciencia Transdisciplinar, lo que puede no solo hacer avanzar la ciencia en sí misma, sino, en última instancia, ayudar al desarrollo y la supervivencia de la humanidad.

