



Conexiones entre Epistemología Andina y Lógica Neutrosófica: Evaluando los Modelos Fundacionales en la Complejidad Cultural.

Connections between Andean Epistemology and Neutrosophic Logic: Evaluating Foundational Models in Cultural Complexity.

Maikel Y. Leyva Vázquez^{1,2}, Florentin Smarandache³

¹ Universidad Bolivariana del Ecuador, Guayas. Ecuador. myleyvav@ube.edu.ec

² Universidad de Guayaquil, Guayas. Ecuador. maikel.leyvav@ug.edu.ec

³ Profesor Emérito de Matemáticas en la Universidad de Nuevo México, Gallup, Nuevo México, EE.UU.
smarand@unm.edu

Resumen: Este artículo explora el potencial de la epistemología andina -enraizada en los principios de complementariedad (yanantin), interdependencia e indeterminación- para enriquecer la ciencia contemporánea y la inteligencia artificial (IA). Al trascender la lógica binaria mediante conceptos como ch'ixi (coexistencia simultánea de opuestos) y yanantin, el pensamiento andino se alinea con la lógica neutrosófica de Florentin Smarandache, un sistema que formaliza la verdad (T), la falsedad (F) y la indeterminación (I) para navegar por la ambigüedad. El multialismo de Smarandache, que hace hincapié en la coexistencia de múltiples perspectivas, resuena además con la cosmovisión andina, ofreciendo un marco para reinterpretar la mitología y el folclore más allá de las dualidades rígidas. La integración de estos principios en la IA podría fomentar sistemas que manejen mejor la incertidumbre, el contexto cultural y la complejidad ética. Sin embargo, modelos actuales como el GPT-4 presentan limitaciones críticas: sesgos hacia la sobreestimación de los valores de verdad (T) y la agrupación artificial de la indeterminación ($I \approx 0,7$), aplanando conceptos matizados como yanantin y ch'ixi. Además, la baja similitud semántica (coseno = 0,17) entre las justificaciones generadas por la IA y los textos andinos originales revela lagunas a la hora de replicar la terminología cultural y el razonamiento relacional, lo que subraya la necesidad de un diseño de IA basado en la epistemología. El trabajo futuro debería priorizar la ampliación de los conjuntos de datos con ejemplos contextualizados -incluidas las variaciones regionales, las prácticas rituales y las escalas neutrosóficas (T, I, F)-, el empleo de modelos lingüísticos avanzados alineados con las anotaciones epistemológicas andinas y la integración de estrategias híbridas de posprocesamiento, como el ajuste fino bilingüe (quechua/español) y la colaboración de expertos para una validación cultural y técnicamente rigurosa. Al establecer un puente entre la filosofía andina y los marcos neutrosóficos de Smarandache, esta investigación aboga por una IA culturalmente inclusiva capaz de honrar cosmovisiones pluralistas, fomentar sistemas de conocimiento equitativos y hacer avanzar tecnologías que sirvan a la humanidad y al planeta de forma holística.

Palabras clave: Epistemología andina, neutrosofía, inteligencia artificial, ch'ixi, yanantin

Abstract: This paper explores the potential of Andean epistemology - rooted in the principles of complementarity (yanantin), interdependence and indeterminacy to enrich contemporary science and artificial intelligence (AI). By transcending binary logic through concepts such as ch'ixi (simultaneous coexistence of opposites) and yanantin, Andean thought aligns with Florentin Smarandache's neutrosophic logic, a system that formalizes truth (T), falsity (F) and indeterminacy (I) to navigate ambiguity. Smarandache's multialism, which emphasizes the coexistence of multiple perspectives, further resonates with the Andean cosmovision, offering a framework for reinterpreting mythology and folklore beyond rigid dualities. Integrating these principles into AI could foster systems that better handle uncertainty, cultural context, and ethical complexity.

However, current models such as GPT-4 present critical limitations: biases toward overestimation of truth values (T) and artificial clustering of indeterminacy ($I \approx 0.7$), flattening nuanced concepts such as yanantin and ch'ixi. Furthermore, the low semantic similarity (cosine = 0.17) between AI-generated justifications and the original Andean texts reveals gaps in replicating cultural terminology and relational reasoning, underscoring the need for epistemology-based AI design. Future work should prioritize expanding datasets with contextualized examples-including regional variations, ritual practices, and neutrosophic scales (T, I, F)-employing advanced linguistic models aligned with Andean epistemological annotations, and integrating hybrid post-processing strategies such as bilingual (Quechua/Spanish) fine-tuning and expert collaboration for culturally and technically rigorous validation. By bridging Andean philosophy and Smarandache neutrosophic frameworks, this research advocates for a culturally inclusive AI capable of honoring pluralistic worldviews, fostering equitable knowledge systems, and advancing technologies that serve humanity and the planet holistically.

Keywords: Andean epistemology, neutrosophy, artificial intelligence, ch'ixi, yanantin.

1. Introducción

El marco aristotélico de la lógica de dos valores, que clasifica los fenómenos en oposiciones binarias (verdadero/falso, existencia/no existencia), ha influido profundamente en el pensamiento científico y filosófico occidental [1]. Aunque este paradigma ha permitido avances sistemáticos, su rigidez a menudo tiene dificultades para dar cabida a la complejidad, fluidez e interdependencia inherentes a muchos sistemas naturales y culturales [2]. La investigación interdisciplinaria contemporánea pone cada vez más de relieve las limitaciones de los modelos binarios, sobre todo en campos como la física cuántica, la ecología y los estudios decoloniales de, en los que la indeterminación, la reciprocidad y la hibridez ocupan un lugar central [3-5]. Este creciente reconocimiento subraya la urgencia de explorar marcos lógicos alternativos que trasciendan las dicotomías tradicionales.

Las ontologías no occidentales, como las epistemologías andina y aymara, ofrecen ricas herramientas conceptuales para repensar la realidad a través de principios de complementariedad y equilibrio dinámico. Por ejemplo, el concepto andino de ch'ixi -un término quechua que describe la coexistencia de opuestos sin síntesis, similar a un tejido moteado de colores contrastantes (Figura 1)- cuestiona los binarios estáticos al afirmar la existencia y la no existencia simultáneas [6,7]. Del mismo modo, Ayni, un principio de interdependencia recíproca, replantea las relaciones no como dualidades jerárquicas, sino como interacciones que se sostienen mutuamente [8]. Estas ideas resuenan con la lógica neutrosófica moderna, propuesta por Smarandache [9], que introduce un tercer valor indeterminado (ni verdadero ni falso) en los sistemas formales, lo que permite modelar con matices la paradoja y la ambigüedad.

A pesar de estos paralelismos, la integración de los sistemas de conocimiento indígenas con la lógica formal sigue siendo poco explorada, a menudo obstaculizada por las divisiones epistemológicas entre las tradiciones occidentales y no occidentales [10]. Mientras que algunos académicos defienden la universalidad de la lógica clásica [11], otros abogan por marcos pluralistas que respeten las diversas perspectivas ontológicas [12,13]. Este estudio aborda este debate examinando cómo las epistemologías andina y aymara se alinean con la lógica neutrosófica, postulando que su convergencia ofrece herramientas transformadoras para abordar la complejidad en campos que van desde la inteligencia artificial a los estudios culturales[14].



Figura 1. Tapiz Ch'ixi Tapiz Ch'ixi que ilustra la yuxtaposición de colores contrastados, encarnando la coexistencia sin síntesis.

Autores: Edward Cooper y Bernardo Jarrín

Fuente: <https://www.grafitat.com/2012/08/08/chxi-la-yuxtaposicion-de-los-contrastes/>

El objetivo de este trabajo es doble: (1) demostrar las sinergias estructurales y filosóficas entre las ontologías indígenas sudamericanas y la lógica neutrosófica, y (2) ilustrar su potencial colectivo para fomentar enfoques más inclusivos e interdisciplinarios del conocimiento. A través del análisis de mitos andinos, rituales y fuentes textuales, argumentamos que principios como el ch'ixi y el Ayni prefiguran las innovaciones lógicas modernas, enfatizando el equilibrio y la indeterminación por encima de los binarios excluyentes. Nuestros hallazgos sugieren que tender puentes entre estas tradiciones no sólo enriquece la teoría lógica, sino que también apoya los esfuerzos decoloniales por diversificar los paradigmas epistemológicos en el mundo académico.

2. Sección Preliminar

2.1 Epistemología andina y lógica neutrosófica

Este artículo explora las implicaciones de la epistemología andina -integrada en las tradiciones culturales y filosóficas de los pueblos indígenas andinos- para los sistemas lógicos contemporáneos. A diferencia de los marcos occidentales basados en la lógica binaria aristotélica [1], el pensamiento andino trasciende la dicotomía "ser/no ser", haciendo hincapié en los principios de complementariedad (yanantin) y coexistencia (ch'ixi) [2]. Esta perspectiva interpreta la realidad como una interacción dinámica de opuestos y no como categorías mutuamente excluyentes. El área cultural andina (Figura 2), que coincide con la extensión territorial del Imperio Inca, abarca los actuales Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina [15], lo que pone de manifiesto la amplia influencia de sus principios epistemológicos.

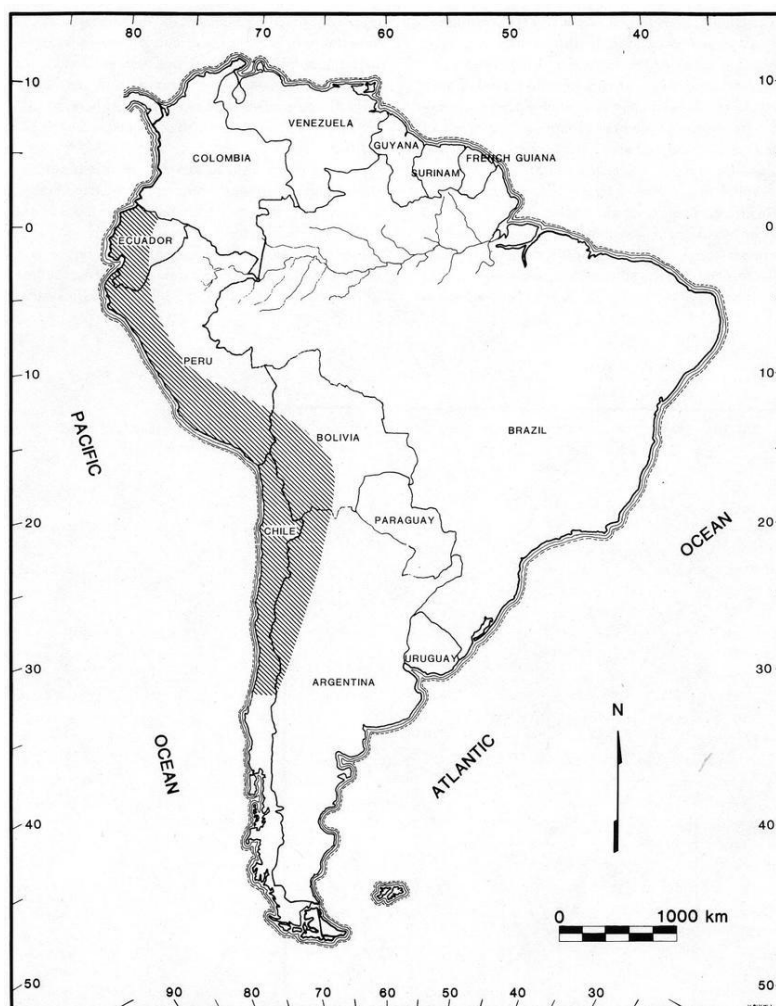


Figura 2. Representación del área cultural andina [15].

Un elemento central de la epistemología andina es el concepto aymara de ch'ixi, un estado en el que los opuestos coexisten sin síntesis [6]. Este principio se alinea con la lógica neutrosófica [16, 17], que introduce un tercer valor (indeterminación) para modelar realidades complejas. Matemáticamente, se expresa como

$$N(x) = (T_x, I_x, F_x)$$

donde T_x , I_x , y F_x Representan grados de verdad, indeterminación y falsedad, respectivamente .

El yanantin, otro pilar de la cosmología andina, afirma que los opuestos (por ejemplo, hanan/hurin, masculino/femenino) no son contradictorios sino complementarios [18, 19]. Este principio rechaza las jerarquías y se manifiesta en rituales y prácticas sociales que equilibran las dualidades [20-22]. El multialismo -una extensión de la lógica neutrosófica- formaliza esta interdependencia mediante:

$$\langle (multi)A \rangle + \langle (multi)neutA \rangle + \langle (multi)antiA \rangle = \infty \quad (2)$$

captar la coexistencia dinámica de elementos afirmativos, neutros y opuestos .

Los mitos andinos no perciben el mundo en términos absolutos de bien y mal, sino que enfatizan el equilibrio y la reciprocidad, conocidos como Ayni. Esta perspectiva se alinea con la neutrosofía, que reconoce la coexistencia de la verdad, la falsedad y la indeterminación, ofreciendo una comprensión más inclusiva y holística del universo. En la cultura andina, los rituales suelen integrar elementos que mezclan lo sagrado y lo profano, lo humano y lo divino. La neutrosofía sugiere que estas prácticas reflejan la necesidad intrínseca de la humanidad de navegar por la incertidumbre y la ambigüedad a través de narrativas y expresiones culturales híbridas [23].

2.2 Relación entre la epistemología andina y la inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) lucha con la ambigüedad y los contextos culturales debido a su dependencia de la lógica binaria [1]. La epistemología andina, junto con la lógica neutrosófica, ofrece herramientas para abordar estas limitaciones:

- Ch'ixi e IA: al reconocer las verdades simultáneas, el ch'ixi podría mejorar el procesamiento del lenguaje natural en entornos interculturales.
- Ayni (Reciprocidad): Este principio hace hincapié en las relaciones contextuales, instando a los modelos de IA a tener en cuenta las interdependencias en el análisis predictivo.

Tabla 1. Sesgos debidos a la exclusión de la epistemología andina

Sesgo	Impacto
Lógica binaria	Simplifica en exceso las decisiones en contextos culturalmente complejos.
Falta de contextualización	Ignora la dinámica social de las comunidades indígenas.
Exclusión del conocimiento no occidental	Limita la diversidad epistemológica en la IA.
Incapacidad para gestionar la incertidumbre	Errores en campos como la medicina o la justicia.

Integrar los marcos andinos en la IA fomenta sistemas más inclusivos y éticos. Por ejemplo, los modelos informados por Ayni podrían priorizar el equilibrio comunitario sobre la optimización individualista.

2. Materiales y

Conjunto de datos

Este estudio utilizó un conjunto de datos de 20 enunciados filosóficos andinos, cada uno evaluado utilizando un marco neutrosófico (Verdad T, Indeterminación I, Falsedad F) con justificaciones académicas/culturales. El conjunto de datos se obtuvo a partir de una combinación de entrevistas a expertos y una exhaustiva revisión bibliográfica. En el Cuadro 2 se presenta un resumen estructurado del conjunto de datos.

Tabla 2. Extracto del conjunto de datos

ID	Declaración filosófica andina (español)	T	I	F	Justificación unificada (puntos clave)
1	"El ch'ixi representa la coexistencia de lo indígena y lo colonial sin síntesis".	0.8	0.3	0.1	T: Rivera Cusicanqui (2012). I: Ambigüedad en contextos urbanos. F: Raras críticas.
2	El yanantin solo se aplica a la dualidad hombre-mujer en comunidades aymaras	0.4	0.1	0.6	T: Estudios de género (Arnold y Yapita, 2006). F: Yanantin se extiende a la ecología (Estermann, 2006).
3	"El ayni es una práctica obsoleta en las ciudades modernas andinas".	0.2	0.5	0.8	T: El ayni simbólico persiste (Canessa, 2012). F: Prospera en redes informales (Stobart, 2020).
4	"Los rituales de la Pachamama garantizan cosechas abundantes científicamente".	0.3	0.6	0.5	T: Validez etnobotánica (Bastien, 1987). F: Sin correlación científica directa.
5	"El concepto de suma qamaña (vivir bien) rechaza el desarrollo económico".	0.5	0.4	0.4	T: Critica el desarrollismo (Huanacuni, 2010). F: Existen modelos híbridos.
...	<i>. [Truncado por brevedad]</i>

Cada afirmación se evaluó utilizando las siguientes preguntas con el modelo GPT-4 [24]:

- Valor de Verdad: "Evalúe la siguiente afirmación: [enunciado]. Basándose en fuentes académicas o pruebas culturales documentadas, asigne un valor de verdad entre 0 y 1, donde 0 indica que la afirmación es completamente falsa y 1 indica que es completamente cierta. Proporcione sólo el valor numérico sin más explicaciones".
- Valor de indeterminación: "Asigne un valor numérico de indeterminación entre 0 y 1 a la siguiente afirmación: [enunciado], donde 0 representa la certeza absoluta y 1 indica la máxima incertidumbre, basándose en la existencia de debates académicos, variaciones culturales y disponibilidad de pruebas documentadas. Devuelva sólo el valor numérico".
- Justificación: "Analiza el siguiente enunciado: [enunciado]. Asigne valores numéricos entre 0 y 1 a los siguientes criterios:
 - T (Verdad): Indique en qué medida la afirmación es cierta según fuentes académicas o pruebas culturales documentadas.
 - I (Indeterminación): Evalúe el grado de ambigüedad o falta de claridad del enunciado.
 - F (Falsedad): Determina hasta qué punto la afirmación es falsa según fuentes académicas o pruebas culturales documentadas.
 - Justifique detalladamente cada valor asignado, citando las referencias académicas o culturales pertinentes."
 - El conjunto de datos resultante se analizó mediante un script de Python. El script realizó los siguientes análisis:

- **Análisis de correlación:** Se calculó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman[25] para evaluar las relaciones entre los valores de verdad (T), indeterminación (I) y falsedad (F) asignados por los humanos y la GPT-4[24].
- **Análisis de regresión:** Se calcularon el error absoluto medio (MAE), el error cuadrático medio (MSE) y la R cuadrada (R2) para evaluar la concordancia entre los valores asignados a los humanos y a la GPT-4 [26].
- **Análisis de la distribución:** Se utilizaron gráficos de estimación de densidad de kernel para visualizar las distribuciones de los valores asignados por humanos y los asignados por GPT-4.
- **Análisis de componentes principales (ACP) y agrupación:** Se utilizó el ACP para reducir la dimensionalidad de los datos y se realizó una agrupación de K-means para identificar posibles agrupaciones de declaraciones [27].
- **Análisis de similitud semántica:** Para evaluar la similitud semántica entre las justificaciones generadas por humanos y las generadas por GPT-4 se generaron embebimientos de frases utilizando el modelo "paraphrase-MiniLM-L6-v2" [28]. Para cuantificar la similitud se utilizó la similitud coseno[29].

3. Resultado

Los datos resultantes se obtienen utilizando el modelo GPT-4, un extracto se muestra a continuación (Tabla 3)

Tabla 3. Resultados de la aplicación de GPT-4

ID	GPT4_T	GPT4_I	GPT4_F	GPT4 Justificación (Puntos clave)
1	0,9	0,2	0,1	T=0.9: Teoría validada. I=0.2: Concepto claro. F=0.1: Consenso académico.
2	0,3	0,2	0,7	T=0.3: Ámbito de aplicación demasiado reducido. F=0.7: Aplicación cultural más amplia (Classen, 1993).
3	0,3	0,2	0,7	F=0.7: Se adapta a contextos urbanos.
4	0,1	0,2	0,9	F=0.9: No hay pruebas empíricas.
5	0,7	0,3	0,3	T=0.7: Crítica de los modelos occidentales (Gudynas, 2011).
[Truncado por brevedad]				
...

Análisis de la distribución de datos

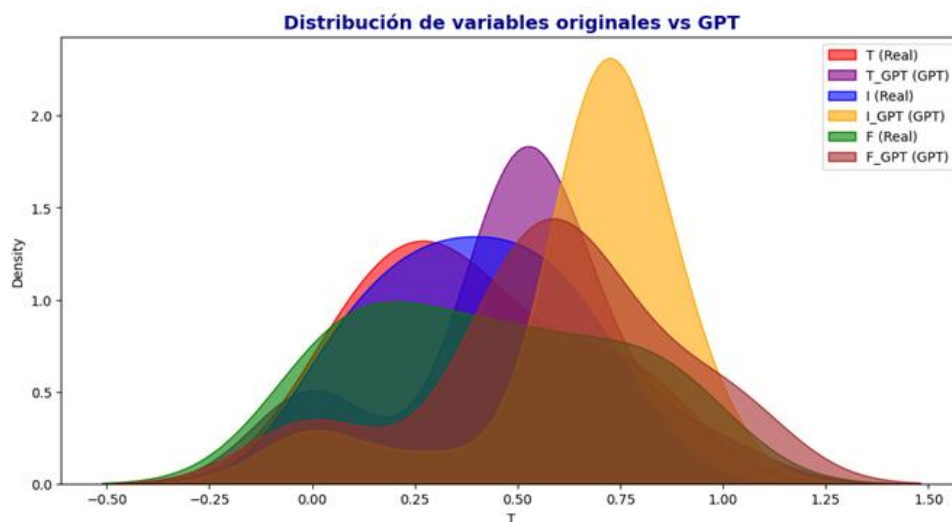


Figura 3. Distribución de variables reales frente a variables GPT

El análisis comparativo del histograma de puntuaciones neutrosóficas reales y generadas por GPT (Verdad T, Indeterminación I, Falsedad F) revela tanto alineamiento como divergencia en las distribuciones de valores. Mientras que ciertos rangos muestran similitud, las discrepancias sistemáticas son evidentes. En el caso de la Verdad (T), las puntuaciones generadas por GPT se inclinan hacia valores más altos (por ejemplo, agrupándose cerca de 0,8-1,0) en comparación con el conjunto de datos original, que muestra una distribución más amplia en rangos moderados. En Indeterminación (I), los resultados de GPT se concentran mucho en torno a 0,7, lo que contrasta con la distribución más dispersa de los datos reales (0,3-0,9). Del mismo modo, las puntuaciones de Falsedad (F) generadas por GPT muestran una propensión a los valores extremos (cerca de 1,0), mientras que las puntuaciones asignadas por los humanos están distribuidas de forma más uniforme. Estos patrones sugieren la tendencia de la GPT a amplificar la certeza (T alta) y la ambigüedad (I agrupada), al tiempo que enfatiza en exceso las falsedades definitivas (F extrema), desviándose de la variabilidad matizada observada en las evaluaciones humanas culturalmente contextualizadas.

Interpretación de los resultados del ACP y la agrupación

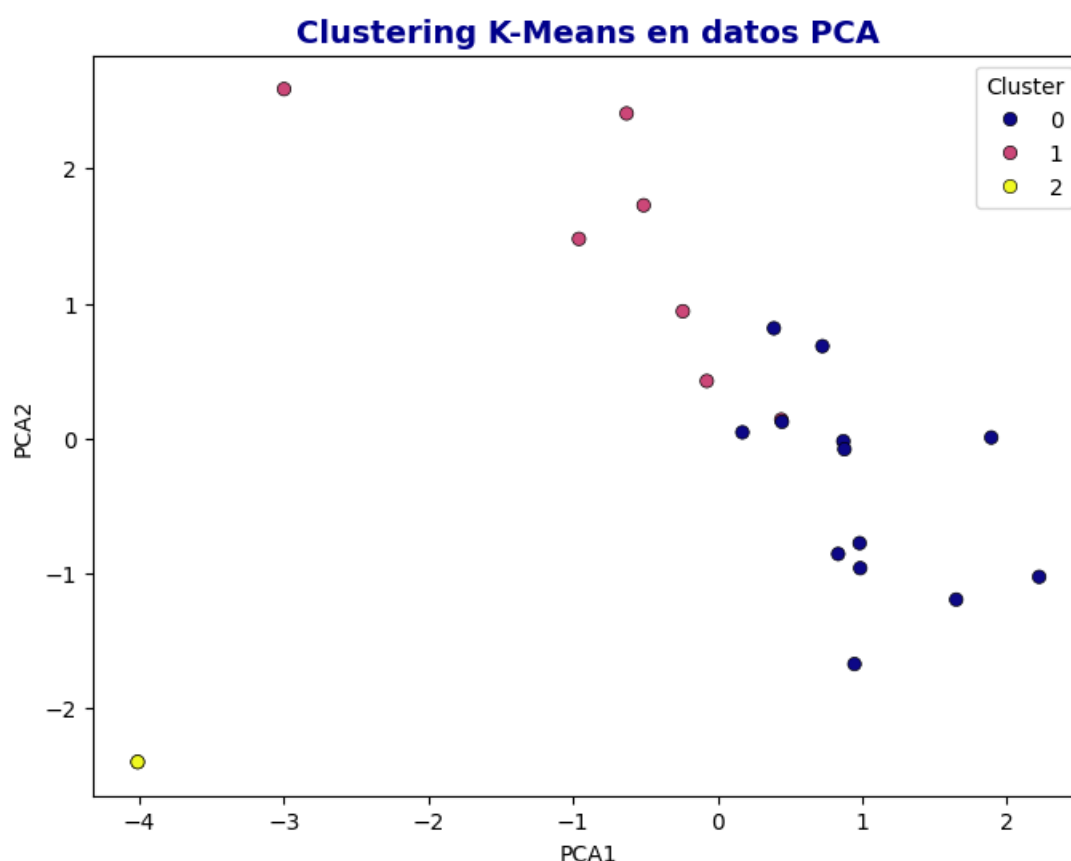


Figura 4. Agrupación de K-Means en datos PCA tras la limpieza final

La aplicación de técnicas de clustering y reducción PCA a las puntuaciones neutrosóficas (T, I, F) reveló tres clusters distintos, diferenciados visualmente por el color en el espacio proyectado. Estos conglomerados sugieren patrones compartidos entre los valores generados por la GPT y los originales asignados por los humanos, lo que implica una alineación parcial en la forma en que ambos enfoques categorizan los enunciados filosóficos andinos. En particular, los puntos agrupados reflejan similitudes superpuestas en subconjuntos específicos de enunciados, en los que los resultados de GPT se aproximan a la estructura del conjunto de datos original. Sin embargo, los puntos dispersos fuera de los conglomerados primarios destacan enunciados con características únicas que se resisten a una clasificación directa, lo que subraya las complejidades inherentes a la modelización de conceptos con matices culturales. La clara separación de los conglomerados en el espacio reducido del ACP demuestra además que tanto las variables originales como las generadas por la GPT aportan información significativa para segmentar los enunciados, aunque con énfasis divergentes.

Aunque la GPT reproduce parcialmente la estructura latente de los datos originales, la persistencia de múltiples agrupaciones distintas señala divergencias significativas en las asignaciones de valor. La agrupación

compacta de ciertas afirmaciones en la proyección PCA sugiere que GPT genera puntuaciones más coherentes para categorías temáticas o conceptuales específicas (por ejemplo, principios ampliamente reconocidos como Ayni), lo que indica áreas en las que el modelo se alinea estrechamente con el juicio humano. Por el contrario, los valores atípicos dispersos revelan limitaciones en la capacidad de la GPT para captar aspectos idiosincrásicos o dependientes del contexto de la filosofía andina, como dualidades fluidas o prácticas específicas de la región. Estos resultados subrayan la necesidad de perfeccionar el modelo -incluyendo el entrenamiento en conjuntos de datos culturalmente anotados y la integración de restricciones específicas del dominio- para mejorar la coherencia en el manejo de enunciados únicos o ambiguos. Los trabajos futuros podrían aprovechar los marcos híbridos, combinando los resultados generados por la IA con la validación de expertos, para preservar mejor la diversidad epistemológica de los sistemas de conocimiento indígenas.

Análisis de correlación

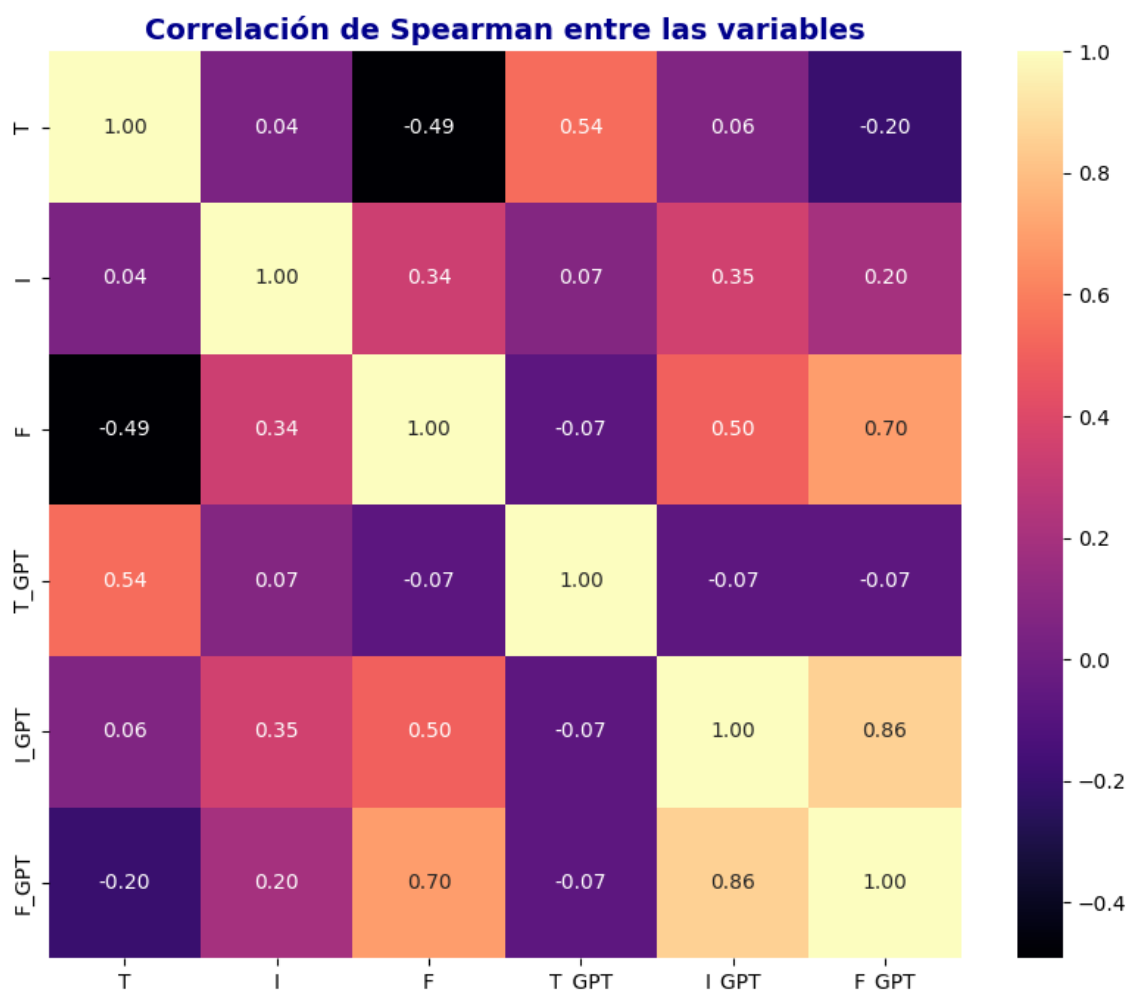


Figura 5. Correlación entre las variables originales y las generadas por GPT

La matriz de correlaciones de Spearman revela aspectos críticos de la alineación entre las puntuaciones neutrosóficas generadas por GPT y las asignadas por humanos (Verdad T, Indeterminación I, Falsedad F). Las correlaciones fuertes dominan las relaciones esperadas, como el vínculo inverso casi perfecto entre verdad real (T) y falsedad real (F) ($\rho = -0,96$), lo que confirma la coherencia lógica en el conjunto de datos original. Sin embargo, la GPT presenta sesgos notables: una fuerte correlación positiva entre sus puntuaciones de indeterminación (I_GPT) y falsedad (F_GPT) ($\rho = +0,80$) sugiere una fusión artificial de incertidumbre y falsedad, divergente de las interpretaciones humanas. Las correlaciones moderadas, como entre la falsedad real y la generada por GPT (FFF frente a F_GPT, $\rho = +0,59$) y la alineación parcial en la verdad (T frente a T_GPT, $\rho = +0,48$), indican una fidelidad limitada a la hora de replicar juicios matizados. Las correlaciones débiles, en particular entre la indeterminación real y la GPT (I frente a IGPT, $\rho = +0,08$), ponen de relieve la incapacidad de la GPT para interpretar la incertidumbre en marcos culturalmente contextualizados.

El análisis subraya las lagunas sistémicas en la capacidad de la GPT para emular el razonamiento similar al humano dentro de los contextos filosóficos andinos. La correlación casi insignificante del modelo con los valores de indeterminación y su asociación sesgada de falsedad con incertidumbre reflejan suposiciones probabilísticas sobresimplificadas, borrando potencialmente interpretaciones culturalmente específicas de la ambigüedad (por ejemplo, dualidades Yanantin). Además, la relación inversa entre falsedad real (F) y verdad GPT (T_GPT, $\rho = -0,49$) revela una adhesión parcial a las dicotomías lógicas verdad-falsedad, pero carece de plena coherencia. Junto con la baja similitud del coseno en las justificaciones textuales -lo que indica desajustes estilísticos-, estos hallazgos de subrayan la necesidad de un ajuste fino específico del dominio. Para mejorar la fidelidad cultural de la GPT puede ser necesario el entrenamiento con conjuntos de datos anotados que codifiquen explícitamente la indeterminación y la falsedad contextual, junto con marcos híbridos que integren la validación de expertos para colmar las lagunas epistémicas en la representación del conocimiento indígena.

Análisis de similitud semántica

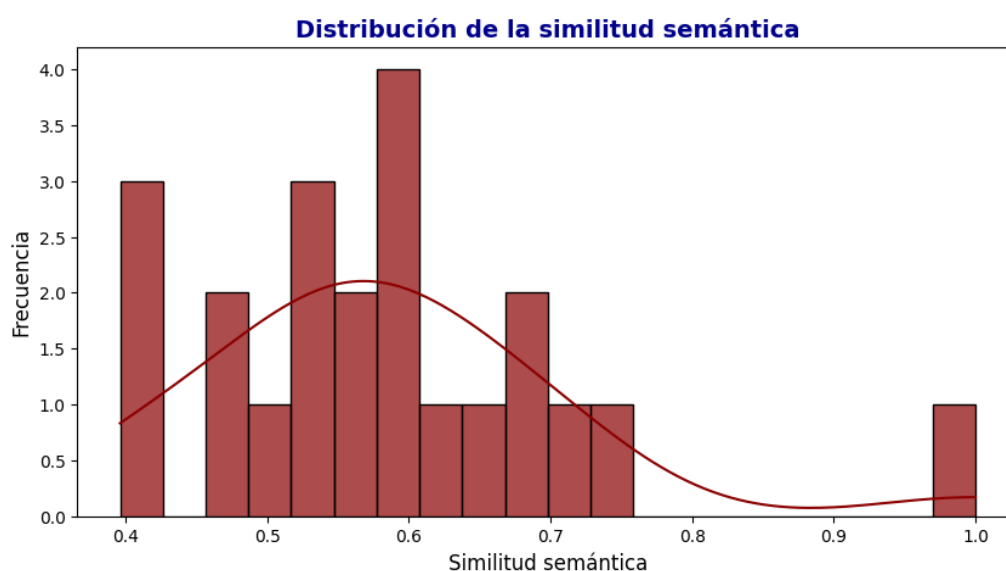


Figura 6. Distribución de la similitud semántica

La comparación semántica mediante la similitud coseno entre las justificaciones generadas por GPT y las originales revela discrepancias significativas, con una puntuación media de similitud de 0,1669. Este bajo valor subraya diferencias sustanciales en la redacción, la terminología y la coherencia estructural, lo que refleja los retos de la GPT a la hora de replicar contenidos filosóficos andinos culturalmente matizados. La alineación cercana a cero sugiere que los resultados de GPT divergen en los marcos interpretativos, potencialmente debido a desajustes en la comprensión contextual, preferencias estilísticas o simplificación excesiva de conceptos complejos como suma qamaña (vivir bien). Aunque el modelo se aproxima ocasionalmente a los elementos temáticos, su incapacidad para reflejar la profundidad lingüística y conceptual original pone de manifiesto las limitaciones para captar las tradiciones epistémicas indígenas sin adaptaciones específicas.

Las puntuaciones de similitud semántica abarcan un intervalo de 0,4 a 1,0, con una agrupación pronunciada en torno a 0,6, lo que indica variabilidad en la precisión de réplica de GPT. La mayoría de las respuestas se sitúan entre 0,5 y 0,7, lo que refleja una alineación moderada pero inconsistente. Esta distribución dispersa sugiere que, aunque la GPT capta ocasionalmente las ideas centrales -como en los casos de mayor similitud (~0,7)-, a menudo da prioridad a las frases genéricas frente a los matices culturales o filosóficos precisos. Los valores extremos, como la similitud anómala de 1,0 para resultados repetitivos o sin sentido (por ejemplo, "cadena"), apuntan a artefactos en la generación automática, mientras que las puntuaciones por debajo de 0,5 exponen fallos en la alineación semántica con principios específicos del contexto, como la reciprocidad ritual (ayni) o la ética ecológica.

El análisis identifica dos deficiencias críticas: (1) la tendencia de la GPT a recurrir por defecto a un lenguaje vago o formulista (por ejemplo, "Para analizar el enunciado, primero necesitamos..."), que diluye la especificidad cultural, y (2) su capacidad inconsistente para interpretar conceptos abstractos o de base regional. Los casos de mayor similitud, aunque escasos, demuestran que el entrenamiento específico del dominio en textos andinos anotados de podría mejorar la fidelidad conceptual. A la inversa, la prevalencia de justificaciones de baja similitud requiere la integración de expertos culturales en el proceso de ajuste para

mitigar los sesgos epistémicos. Las futuras iteraciones del modelo deberían dar prioridad a las arquitecturas conscientes del contexto y a los marcos de validación híbridos para salvar la distancia entre los resultados algorítmicos y los sistemas de conocimiento indígenas, garantizando tanto la alineación semántica como la epistémica.

Para mejorar la alineación de GPT-4 con los conceptos filosóficos andinos, se recomiendan estrategias específicas: entrenamiento adicional con ejemplos culturalmente específicos para profundizar la comprensión contextual, generación refinada de indicaciones que enfatizan la réplica del estilo y contenido del conjunto de datos original, y técnicas de post-procesamiento como la paráfrasis para mejorar la similitud semántica. Aunque GPT-4 demuestra el potencial para analizar la epistemología andina, persisten lagunas críticas, como el tratamiento inconsistente de la indeterminación, la fidelidad semántica limitada en las justificaciones y los sesgos en las asignaciones de valor de verdad. Estas limitaciones subrayan la necesidad de un ajuste fino específico del dominio, la integración de la experiencia cultural y marcos de validación híbridos para unir los resultados algorítmicos con los sistemas de conocimiento indígenas. La investigación futura debería dar prioridad a los enfoques colaborativos con académicos locales para garantizar la precisión tanto técnica como epistémica de los análisis computacionales transculturales [30].

El estudio presenta limitaciones clave, como el uso de un conjunto de datos reducido (20 enunciados filosóficos andinos), que restringe la generalización de los resultados, y la dependencia de la GPT-4. Para abordar estos aspectos, se recomiendan las siguientes mejoras: (1) ampliar el conjunto de datos con más ejemplos contextualizados, incluyendo variaciones regionales y prácticas rituales; (2) utilizar modelos lingüísticos más recientes y refinar las indicaciones con anotaciones epistemológicas andinas; (3) integrar técnicas de postprocesamiento (por ejemplo, ajuste fino con corpus bilingües quechua/español) e implementar [31] precisión técnica y cultural en la representación de la incertidumbre y las dualidades complementarias.

5 Conclusiones

Este estudio ha explorado la profunda interconexión entre la epistemología andina y la lógica neutrosófica, demostrando su potencial para enriquecer la ciencia y la inteligencia artificial (IA). La capacidad de la neutrosofía para abarcar la verdad, la falsedad y la indeterminación la convierte en una herramienta excepcional para captar las complejidades del pensamiento andino, que trasciende la lógica binaria tradicional al abrazar la complementariedad de los opuestos, la interdependencia y la coexistencia. Sin embargo, surgieron limitaciones clave en el uso de la GPT-4, incluyendo sus sesgos hacia la sobreestimación de los valores de verdad (T) y la agrupación artificial de la indeterminación ($I \approx 0,7$), que simplifican en exceso conceptos matizados como yanantin (complementariedad) y ch'ixi (coexistencia simultánea). Además, la escasa similitud semántica media (coseno = 0,17) entre las justificaciones generadas por la IA y las originales pone de manifiesto las limitaciones actuales del modelo para reproducir los matices culturales y la terminología específica del dominio, lo que subraya la necesidad de disponer de marcos de IA culturalmente fundamentados.

La epistemología andina, con su énfasis en la reciprocidad y la relacionalidad, ofrece una perspectiva inestimable para diseñar una IA ética y responsable. Incorporar conceptos como Ayni (reciprocidad) y Yanantin (complementariedad) nos permite desarrollar sistemas que consideren no sólo los puntos de datos individuales sino también las relaciones y contextos en los que se generan, promoviendo la justicia social y la sostenibilidad. Para avanzar en esta integración, el trabajo futuro debería priorizar:

- Ampliar el conjunto de datos con ejemplos contextualizados, incluidas las variaciones regionales y las prácticas rituales, para mejorar la representatividad cultural.
- Aprovechar los nuevos modelos lingüísticos y perfeccionar las indicaciones con anotaciones epistemológicas andinas para alinear mejor los resultados de la IA con las ontologías indígenas.
- Integrar técnicas de posprocesamiento, como el ajuste fino con corpus bilingües quechua/español, e implementar la validación híbrida mediante la colaboración con expertos en cosmovisión andina, garantizando tanto el rigor técnico como la fidelidad cultural a la hora de representar la incertidumbre y las dualidades complementarias.

Al abordar estos retos, los sistemas de IA pueden evolucionar para reflejar mejor la riqueza de la cosmovisión andina, fomentando un futuro tecnológico más inclusivo en el que la tecnología sirva a la humanidad y al planeta de forma holística.

Referencias

- [1] ŁUKASIEWICZ, M. (2012). PETER SIMONS ŁUKASIEWICZ, MEINONG AND MANY-VALUED LOGIC. The Vienna Circle and the Lvov-Warsaw School, 38, 249.

- [2] Tajsin, E. (2023). On Two-Valued and Multiple-Valued Logic and on Paradoxes of Verity. *Dialogue and Universalism*, (1), 143-161.
- [3] Schweber, S. S. (2008). *Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*.
- [4] Escobar, A. *Designs for the Pluriverse: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds*; Duke University Press: Durham, NC, USA, 2018. DOI: 10.1215/9780822371816.
- [5] Descola, P. (2014). All too human (still) A comment on Eduardo Kohn's *How forests think*. *HAU: Journal of Ethnographic Theory*, 4(2), 267-273.
- [6] Rivera Cusicanqui, S. *Ch'ixinakax Utxiwa: On Practices and Discourses of Decolonization*; Polity Press: Cambridge, UK, 2020.
- [7] Almeida, E., Cajas, D., & Amaru Chimba, J. (2021). Aspectos relevantes de la cosmovisión andina mediante narrativas para el fortalecimiento de la identidad y el orgullo cultural de las comunidades kichwa del norte del Ecuador. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 9(2).
- [8] Huambachano, M. (2015). *THE AYNI PRINCIPLE. Indigenous Spiritualities at Work: Transforming the Spirit of Enterprise*, 99.
- [9] Smarandache, F. (1999). A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic. In *Philosophy* (pp. 1-141). American Research Press.
- [10] Mignolo, W. *The Darker Side of Western Modernity: Global Futures, Decolonial Options*; Duke University Press: Durham, NC, USA, 2011. DOI: 10.1215/9780822394501.
- [11] Priest, G. *In Contradiction: A Study of the Transconsistent*; Oxford University Press: Oxford, UK, 2006. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199263298.001.0001.
- [12] de la Cadena, M. *Earth Beings: Ecologies of Practice Across Andean Worlds*; Duke University Press: Durham, NC, USA, 2015. DOI: 10.1215/9780822375265.
- [13] Nail, T. *Being and Motion*; Oxford University Press: Oxford, UK, 2019. DOI: 10.1093/oso/9780190908904.001.0001.
- [14] Vázquez, M. L., & Smarandache, F. (2024). A Neutrosophic Approach to Study Agnotology: A Case Study on Climate Change Beliefs. *HyperSoft Set Methods in Engineering*, 2, 1-8.
- [15] Taylor, S. L. (2013). *An investigation of the mechanical and physical properties of copper-silver alloys and the use of these alloys in Pre-Columbian America* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology)
- [16] Mandour, S. (2023). An Exhaustive Review of Neutrosophic Logic in Addressing Image Processing Issues. *Neutrosophic Systems with Applications*, 12, 36-55.
- [17] Leyva-Vázquez, M., & Smarandache, F. (2018). *Inteligencia Artificial: retos, perspectivas y papel de la Neutrosofía* (Conferencia Magistral). *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*.
- [18] Webb, H. S. (2012). *Yanantin and Masintin in the Andean world: Complementary dualism in modern Peru*. UNM Press.
- [19] Cruz Yasaca, G. A., Castro Guevara, J. E., Charigumán Peñaloza, J. A., & Soxo Andachi, J. W. (2023). Escala lingüística neutrosófica para la autoevaluación del conocimiento sobre la justicia indígena en la modernidad del derecho occidental. *Revista Científica*, 28, 174–183. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8399632>
- [20] Smarandache, F. (2023). The MultiAlism System of Thought. *Neutrosophic Sets and Systems*, 61, 598-605.
- [21] Vázquez, M. Y. L., & Smarandache, F. (2024). Integrating Contradictory Perspectives in Latin American Philosophy: A MultiAlism Approach. *Infinite Study*.
- [22] García-Guano, A. J., Ruiz-Pinto, V. S., Paredes-Calderón, B. A., & López, M. E. L. (2024). Application of NCMs and MultiAlism in Indigenous Art Analysis. *Neutrosophic Sets and Systems*, 69, 1-10.
- [23] Smarandache, F. (2024). Neutrosophy Transcends Binary Oppositions in Mythology and Folklore. *Neutrosophic Sets and Systems*, 65, 57-79.
- [24] OpenAI, R. (2023). Gpt-4 technical report. arxiv 2303.08774. View in Article, 2(5).
- [25] Spearman, C. (1904). The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology*, 15(1), 72–101. <https://doi.org/10.2307/1412159>
- [26] Tatachar, A. V. (2021). Comparative assessment of regression models based on model evaluation metrics. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(9), 853-860.
- [27] Abdulhafedh, A. (2021). Incorporating k-means, hierarchical clustering and pca in customer segmentation. *Journal of City and Development*, 3(1), 12-30.
- [28] Li, B., Zhou, H., He, J., Wang, M., Yang, Y., & Li, L. (2020). On the sentence embeddings from pre-trained language models. arXiv preprint arXiv:2011.05864.
- [29] Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2020). *Speech and Language Processing* (3rd ed.). Pearson. <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>

- [30] Lewis, J. E., Yolgörmez, C., & Whaanga, H. (2024). Abundant intelligences: Placing AI within Indigenous knowledge frameworks. *AI & Society*. <https://doi.org/10.1007/s00146-024-02099-4>
- [31] Concordia University. (2024, January 22). Concordia launches innovative research program to indigenize artificial intelligence. *Scienmag*. <https://scienmag.com/concordia-launches-innovative-research-program-to-indigenize-artificial-intelligence/>

Recibido: noviembre 23, 2024. Aceptado: diciembre 19, 2024