



Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III)



Universidad
Complutense
Madrid



Colegio Oficial de Docentes
COLEGIO OFICIAL DE DOCTORES Y LICENCIADOS EN
FILOSOFÍA Y LETRAS Y EN CIENCIAS
DE LA COMUNIDAD DE MADRID

EPI NUT
EPIDEMIOLOGÍA NUTRICIONAL



Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III)

Marisa González Montero de Espinosa
Ángel Herráez Sánchez
(editores)

Comité editorial

Marisa González Montero de Espinosa

Coordinadora del Seminario de Biología, Geología, Física y Química del Colegio Oficial de Docentes. Colegio Oficial de Docentes de la Comunidad de Madrid.

Grupo de Investigación de la UCM «Valoración de la condición nutricional en las poblaciones humanas» (<http://webs.ucm.es/info/epinut/> <http://epinut.org.es>).

Ángel Herráez Sánchez

Profesor titular, Departamento de Biología de Sistemas, Universidad de Alcalá.

Difusión y medios sociales: **Elena Núñez González**.

Comité científico

Ana García Moreno

(Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid).

Ángel Herráez Sánchez

(Universidad de Alcalá).

Miguel Ángel Madrid Rangel

(profesor de Secundaria, Departamento de Biología y Geología).

Noemí López Ejeda

(Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid).

María Dolores Marrodán Serrano

(Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid).

Ignacio Meléndez Hevia

(profesor de Secundaria, Departamento de Biología y Geología).

Pablo Pardo Santano

(coordinador de Prácticas de los grados de Magisterio en Centro Universitario Cardenal Cisneros).

Gabriel Pinto Cañón

(RSEQ, ETS de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid).

José Vidal Núñez

(profesor A. D. de Matemática Aplicada, Dep. de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá).

Entidades colaboradoras

Colegio de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid (CDL) / Colegio Oficial de Docentes.

Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid (COBCM).

Real Sociedad Española de Física (RSEF).

Real Sociedad Española de Química (RSEQ).

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG).

Presentación

Todas las personas que observamos con un mínimo rigor el mundo que nos ha tocado vivir, este mundo del siglo XXI que hemos dado en llamar a veces *líquido* (perspectiva epistemológica), a veces *insostenible* (perspectiva medioambiental) y a menudo simplemente *globalizado* (perspectiva político-económica) constatamos que esta *casa nuestra* es, por encima de todo, un mundo paradójico o, para decirlo sin ambages, profundamente desigual y abiertamente contradictorio. Sea cual fuere el ámbito al que nos refiramos, encontramos muestras incontables de unos desequilibrios notables y unos contrastes abrumadores en los niveles de renta (nacionales y per cápita), en la distribución del poder, en los niveles y esperanza de vida, en el acceso a la educación y los servicios sanitarios, en el reconocimiento de las libertades ciudadanas y el respeto a los derechos humanos o, en fin, para no hacer la lista interminable, en el modo de vivir la vida, es decir, de *ser* y *estar* en el planeta como seres humanos.

Por circunscribirnos de manera inmediata al tema que aquí nos compete, debemos señalar que en estos albores del siglo XXI la característica más determinante y diferencial del mundo en relación con épocas pasadas es el desarrollo tecnológico, producto de la aplicación de los conocimientos y descubrimientos científicos a casi todas las facetas de las actividades humanas. La propia globalización, concepto que tan a menudo se emplea para caracterizar de una sola vez nuestro actual estado de evolución histórica, no es más que el resultado de esa eclosión técnica que nos permite modular el espacio y el tiempo según las necesidades humanas, de una manera que nunca se ha realizado en la historia de la humanidad. Si se admite un inevitable esquematismo, bien podríamos decir que, gracias a la ciencia, hemos superado limitaciones que hasta hace poco parecían insalvables.

Y bien, por retomar el hilo de las paradojas a las que aludíamos líneas arriba, resulta que este despliegue científico, este triunfo incontestable de la razón, no va acompañado por unas actitudes sociales acordes en buena parte de los seres humanos. Antes al contrario, vivimos en un mundo en el que todos nos aprovechamos de los avances científicos y tecnológicos, pero adoptamos ante la ciencia misma una actitud oscilante entre la inhibición y el papanatismo, como aquellos que se aprovechan de un regalo sin dar las gracias o sin preguntarse de dónde viene, qué lo ha hecho posible o por qué son ellos los agraciados. No es extraño que muchos grupos humanos mantengan ante la ciencia una actitud reverencial, como si de una nueva religión se tratase, al tiempo que acompañan esa postura anticientífica con una supina ignorancia sobre sus fundamentos, sus medios y sus fines. En el otro extremo, proliferan sectores que mantienen una actitud cada vez más escéptica o incluso agresiva contra los avances científicos, como un moderno *revival* del oscurantismo medieval.

Es en este contexto en el que se inscriben iniciativas como las 7 ediciones del Congreso de Docentes de Ciencias organizadas desde el Grupo de Investigación EPINUT de la UCM con el apoyo del Colegio de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid (Colegio Oficial de Docentes). Los participantes en estos congresos son conscientes de que tienen ante sí una tarea hercúlea con al menos, tres vertientes fundamentales: la primera y principal, la que ejercen cotidianamente en el aula educando y formando científicamente a niños, adolescentes y jóvenes; la segunda, relativa a la capacidad de innovar y mejorar en el proceso de transmitir conocimientos y desarrollar experiencias que sirvan para una mejor comprensión de las posibilidades de la ciencia; la tercera, que viene a ser la que da el sentido pleno a jornadas y encuentros como estos, la difusión y puesta en común de esas mejoras y avances para que la comunidad educativa en su conjunto vaya cumpliendo de la mejor manera posible los fines que tiene asignados. En el fondo es una tarea que nos incumbe a todos, de una u otra forma. Podría decirse también que se trata de un triple ideal, más allá de servirse de los avances científicos: valorar la ciencia, comprenderla y saberla aplicar en la vida productiva y en la vida cotidiana.

Los artículos que componen el presente libro constituyen un esclarecedor testimonio de esa voluntad didáctica y científica de progreso y mejora que anima a los diversos profesores que, con su mayor entusiasmo, entran diariamente en las aulas. A ellos debemos dar las gracias por su contribución, por su esfuerzo continuado y por el modo con que ejercen sin desmayo su vocación pedagógica, en lucha contra no pocos obstáculos de diversa índole, derivados de las grandes insuficiencias del mundo que vivimos, según aludíamos al comienzo. También queremos agradecer la labor de aquellas instituciones que han hecho posible la publicación de este volumen: el Colegio Oficial de Docentes de Madrid (CDL), la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), la editorial SM y el grupo de investigación EPINUT de la mencionada Universidad. Igualmente, es obligado mencionar a otros organismos que han colaborado activamente en la generación de este libro, como el Grupo de Didáctica e Historia de la Física y la Química, el Grupo Especializado de Enseñanza de la Física, el Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid y el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

Por último, queremos también mostrar nuestro más sincero agradecimiento al alumnado que ha intervenido y colaborado en la realización de todas estas experiencias didácticas, ya que son los verdaderos protagonistas y responsables de esta obra, la cual esperamos que sirva de guía pedagógica y científica a gran número de docentes que imparten las disciplinas STEM, desde el nivel infantil hasta el universitario.

Marisa González Montero de Espinosa

Ángel Herráez Sánchez

(Miembros del Comité Editorial)

Índice

La ciencia en el aula: materiales y experiencias	9
<i>Recursos para la didáctica de las ciencias</i> Alcázar Montero, María Victoria; Pinto Cañón, Gabriel	11
<i>Cómo enfocar la enseñanza de la nutrición autótrofa y heterótrofa</i> Angosto Sánchez, Irene	19
<i>Educación para la salud en los grados de educación: ¿cómo ampliar la diversidad de propuestas de los futuros maestros?</i> Aranda Cuerva, Elena; Pérez Martín, José Manuel; Esquivel Martín, Tamara; Aquilino, Mónica	27
<i>¿Cómo y cuánto hemos cambiado!: construyendo nuestra genealogía</i> Armendáriz Sanz, Andrés	35
<i>Simulación en el aula de una sesión clínica de cáncer familiar</i> Baquero López, Juan Miguel	47
<i>De la “receta de cocina” a la investigación: cambios en el rol del docente en el marco del aprendizaje basado en indagación</i> Bravo, Beatriz; Bermúdez Rochas, David; Mora Urda, Ana Isabel; Sánchez, Noelia	55
<i>La experiencia de divulgar: Motivando el interés por conseguir una proyección internacional</i> Carracedo Añón, Julia; Marrodán Serrano, María Dolores.....	63
<i>Mi aula en Marte: fomentando la ciencia del presente con sueños de futuro</i> Eff-Darwich Peña, Antonio; García Lorenzo, Begoña; Pallé Manzano, Pere; González Pérez, Sara; González Montelongo, Cristina; Perez Vargas, Israel; Rodríguez de Vera, Caterina; Goded Merino, Alejandra; Ortega Rivas, Antonio	69
<i>Las ideas previas y el aprendizaje de la química en ciclos formativos</i> Fuente Ballesteros, Adrián; Ruiz Pastrana, Mercedes	77
<i>Le damos la vuelta al método científico</i> Goded Merino, Alejandra; González Pérez, Sara; Eff-Darwich Peña, Antonio	85
<i>Una aproximación al diseño de una propuesta didáctica y materiales didácticos para la comprensión de la evolución humana con enfoque de género</i> González Santiago, Aketzalli; Mendoza Gutiérrez, Lucero Adriana; López González, Sara Itzel; García Tenorio, Maricarmen; Esquivel, Laura; Salazar Ortiz, Sacnicte	93
<i>El papel de la divulgación científica en la promoción del desarrollo sostenible: una experiencia desarrollada en centros educativos no universitarios</i> Gracia Lor, Emma; Gómez Mejía, Esther; Moreno Martín, Gustavo; Gómez Gómez, Beatriz; Vicente Zurdo, David; Pérez Corona, María Teresa; Muñoz Olivas, Riansares; Gómez Castro, Emilio	101
<i>Indagando sobre fuentes de energía en Educación Infantil</i> Laso Salvador, Sandra; Ruiz Pastrana, Mercedes	107
<i>El aprendizaje experiencial y las actitudes hacia la ciencia de los futuros maestros de Educación Primaria</i> Martín García, Jorge; Cascarosa Salillas, M ^a Esther; de Echave Sanz, Ana	113

<i>Una propuesta didáctica CTSA para Física y Química en Educación Secundaria Obligatoria</i> Martín Serrano Ortiz, Ángela; Torre Roldán, Mercedes	121
<i>¿Magia o química? Recreación de un experimento del siglo XIX como estrategia de enseñanza-aprendizaje de la reactividad y la nomenclatura química en ESO</i> Moreno Martínez, Luis	131
<i>Ante el volcán de Cumbre Vieja: la percepción del riesgo volcánico entre el alumnado y docentes</i> Negrín Medina, Miguel Ángel; Domínguez Hernández, Julia D.; Otero Calviño, Natalia	139
<i>Interdisciplinariedad STEAM en tiempos de pandemia: elaboración de un plan de prevención de riesgos</i> Otero Calviño, Natalia; Negrín Medina, Miguel Ángel; Domínguez Hernández, Julia D.	149
<i>Elementos químicos descubiertos por españoles: Fuente de inspiración y de recursos para una docencia interdisciplinar</i> Pinto Cañón, Gabriel	155
<i>Desapariciones físico-químicas explicables</i> Prada Pérez de Azpeitia, Fernando Ignacio; Cassinello Espinosa, Pablo	165
<i>Motivar con algo visible el conocimiento de lo invisible: los campos EM. Ejemplos de grandes aplicaciones prácticas: efecto Branly el primer mando a distancia y los filtros de aire electrostáticos de la M-30</i> Ramiro Bargueño, Julio	173
<i>Física y neurociencia: mejorando la capacidad de razonamiento y las motivaciones en el aula</i> Reyes Martín, Héctor	179
<i>Análisis de los estilos comunicativos en la enseñanza del “visu” de minerales y rocas</i> Rodríguez Torrenova, Silvia M ^a ; Sánchez Sánchez, Noelia; Pérez Martín, José Manuel	187
<i>Mujeres científicas y estudio de la diversidad humana: una propuesta didáctica basada en la contribución desde la historia de la ciencia a la educación en la igualdad</i> Tomás Cardoso, Rafael	195
La ciencia fuera del aula	203
<i>Talleres medioambientales en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN). “El Museo se compromete ¿y tú?”</i> Barrera Picón, Luis; López García Gallo, Pilar	205
<i>Diseño y confección de un juego de mesa: “Outbreak: el misterioso caso del brote de leishmaniosis de Madrid”</i> Bermejo San Frutos, Ángela; Gálvez Esteban, Rosa	213
<i>Trabajo de postgrado en cooperación: Dificultades y adaptaciones para superar la pandemia</i> Carracedo, Julia; Ramírez, Rafael; Alique, Matilde	221
<i>“Ciencia a lo Grande”: Las grandes ideas de las ciencias de la materia como recurso para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en educación primaria</i> Eff-Darwich Peña, Antonio; Yanes Gómez, Adán; Goded Merino, Alejandra; González Pérez, Sara; Jiménez Arias, David; Rodríguez de Vera, Caterina; Pérez Gómez, Virginia; Díaz León, María Betsabé; Morales Sierra, Sarai	227
<i>Pautas para la evaluación de la efectividad divulgativa y formativa de un juego de mesa sobre patrimonio paleontológico de Castilla-La Mancha</i> Gamarra, Jesús; Fesharaki, Omid; García Frank, Alejandra	233
<i>La enseñanza no formal de la geografía en educación básica con base en el teatro popular como recurso lúdico. Estudio de caso del programa “PILARES” en Alcaldías Iztapalapa y Coyoacán de la Ciudad de México en el periodo de abril a octubre de 2019</i> Mendoza Gutiérrez, Lucero Adriana	241

A con-ciencia	
Vázquez Mínguez, Óscar; Prada Alonso, Alexandra	247
Recursos didácticos para educación primaria y secundaria desde la universidad: el ejemplo de la Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid	
Ramos, Marta; Narváez, Iván; Alvarado, Rosa; Fernández Silgado, Candela; Pérez Martín, José Manuel; Baena, Javier	255
El impacto de la contaminación lumínica sobre los invertebrados como herramienta docente	
Rosa Novalbos, David; Rodríguez, Airam	261
El vídeo tutorial como recurso multimedia para la adquisición de competencias en química orgánica	
Sánchez, J. Domingo; González, Juan F.; Blázquez, Cristina; Menéndez, José C.; López Alvarado, Pilar; Villacampa, Mercedes; Ramos, María Teresa; Ruiz, Miriam	269
Ciencias 2.0: aplicaciones docentes de las TIC	275
Observar el espacio desde el aula. El uso de telescopios robóticos en la formación de maestros en Educación Primaria	
Hebrero Domínguez, Gema; Vázquez Parra, Jorge A.	277
Estrategias para desarrollar el pensamiento crítico en los futuros docentes de química a nivel secundaria	
Hernández Vázquez, Edith	283
Sitio web enfocado a la enseñanza de las energías renovables - Proyecto colaborativo PROCOLER	
Mayorga Buchely, Jessica Lorena; Arias Ávila, Nelson; Tricio Gómez, Verónica	289
Potenciando el aprendizaje autónomo de técnicas de caracterización...	
Sánchez Salcedo, Sandra	297
ÍNDICE DE AUTORES	321
PALABRAS CLAVE	323
KEYWORDS	327

**La ciencia
en el aula:
materiales y
experiencias**

RECURSOS PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

María Victoria Alcázar Montero, Gabriel Pinto Cañón

Grupo Especializado en Didáctica e Historia de la Física y la Química, Reales Sociedades Españolas de Física (RSEF) y de Química (RSEQ). E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Dirección de correspondencia: mariavictoria.alcazar@upm.es

Palabras clave: didáctica de las ciencias; educación STEM; recursos educativos.

Keywords: didactics of sciences; educational resources; STEM education.

Resumen

Se seleccionan recursos, de naturaleza variada, para facilitar la enseñanza y el aprendizaje STEM, y de física y química en particular; como son: libros, revistas, sociedades científicas, portales web, proyectos educativos, blogs, *applets*, juguetes científicos, problemas contextualizados, trabajos prácticos, actividades extracurriculares, conocimiento didáctico del contenido, e ideas previas y alternativas de los alumnos.

Abstract

Resources, of a varied nature, are selected to facilitate STEM teaching and learning, particularly in Physics and Chemistry. These include: books, journals, scientific societies, websites, educational projects, blogs, applets, scientific toys, problems and practical activities, extracurricular activities, pedagogic content knowledge and students' previous and alternative conceptions.

INTRODUCCIÓN

Se suelen considerar los recursos didácticos (o materiales didácticos) como cualquier tipo de soporte (material o tecnológico) que propicia o facilita de algún modo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por su propia naturaleza, abarcan una gama inmensa de posibilidades, que se ha ido acrecentando exponencialmente, en los últimos años, por la facilidad que ofrecen las tecnologías de información y de comunicación. En este trabajo se hace una recopilación y una selección de algunos de los innumerables recursos existentes para la didáctica de las ciencias en general y, de modo particular, en los ámbitos de la física y la química, para las distintas etapas educativas, con especial énfasis en la educación secundaria. Algunos de estos recursos son: (1) libros, revistas especializadas y sociedades científicas; (2) portales web y bases de datos; (3) proyectos educativos nacionales e internacionales; (4) aplicaciones informáticas, blogs y *applets*; (5) juguetes e ingenios científicos, y maquetas o modelos manipulables, reales y virtuales; (6) acciones para introducir el método científico, resolución de problemas y realización de trabajos prácticos (en el laboratorio, en el aula y en casa); (7) otros: actividades fuera del aula (visitas, museos, concursos...), conocimiento didáctico del contenido (PCK, por sus siglas en inglés), ideas previas o alternativas de los alumnos, analogías y comparaciones, enfoques contextualizados, cuestiones de arte e historia, etc.

La idea fundamental es que, conociendo una amplia posibilidad de recursos, cada profesor seleccione los más adecuados para su quehacer particular en su realidad docente. Además, la aprobación de la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, conocida como LOMLOE (Ley Orgánica de Modificación de la LOE) [1], por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, ha causado importantes cambios en el ámbito educativo. Sus medidas se han ido aplicando de forma progresiva, estando prevista la terminación de su implementación en el curso 2023/24. El profesorado debe reflexionar sobre los recursos a utilizar para la realización de proyectos significativos para el alumnado, la resolución colaborativa de problemas, promover alternativas pedagógicas, y otras muchas iniciativas que se deben implantar de acuerdo a los cambios introducidos por la citada ley. Incluso se podría indicar, en este contexto, que uno de los primeros recursos que debe tener en cuenta cualquier

docente es la legislación educativa vigente. Por ejemplo, en la nueva legislación se formulan los descriptores educativos para las competencias clave, que incluyen las de 'matemáticas y las de ciencia, tecnología e ingeniería', introduciendo así para ello la denominación STEM, por sus siglas en inglés, en el ámbito legislativo.

Los contenidos expuestos son fruto de la experiencia de los autores, durante varias décadas, tanto en su actividad docente en distintas etapas educativas como de la impartición, desde hace unos años, de una asignatura en el Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación Profesional, con el mismo título que este trabajo, que se imparte desde hace cinco años, con 4 créditos ECTS, en la Universidad Politécnica de Madrid.

Libros, revistas especializadas y sociedades científicas

Tradicionalmente, el libro de texto ha sido uno de los recursos educativos más universales. Entre otras ventajas, aparte de estar avalado por equipos editoriales y autores con experiencia, facilita la comprensión y el estudio a los estudiantes, así como la planificación docente del profesorado. También aporta recursos complementarios para motivar a los docentes hacia el uso de diferentes dinámicas. Además, las nuevas tecnologías han permitido el desarrollo de material educativo digital que supera al libro tradicional, mediante direcciones web, vídeos, aplicaciones interactivas, etc.

En la **figura 1** se recoge una caricatura publicada hace cerca de un siglo, donde ya se cuestionaba el papel del libro de texto como recurso único en el ámbito educativo, ante las novedades al respecto de la época (radio, televisión, viajes de estudio...). De algún modo, dicha figura resume la idea fundamental de este trabajo, en el sentido de que los recursos educativos se complementan entre sí.

Aparte de los libros de texto, existen multitud de libros especializados y generalistas, que los docentes deben valorar para enriquecer sus enseñanzas. A modo de ejemplo, se destacan algunos accesibles de forma gratuita [2-4], donde se recogen explicaciones para hacer experimentos de bajo coste. Con acceso también libre, la Fundación Lilly ha publicado recientemente un texto sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias [5] y otro sobre cuentos científicos en español e inglés [6]. En el primero, se indica que "El objetivo es orientar la docencia hacia una práctica más científica, es decir, fundamentada en aquellos principios o ideas consensuados por la comunidad educativa porque los avala la abundancia de resultados sobre su eficacia para el aprendizaje de las ciencias". Otra fundación que destaca en la divulgación científica, Dr. Antoni Esteve, tiene otros textos, como uno sobre la ciencia en las series de televisión [7], por destacar un último ejemplo.

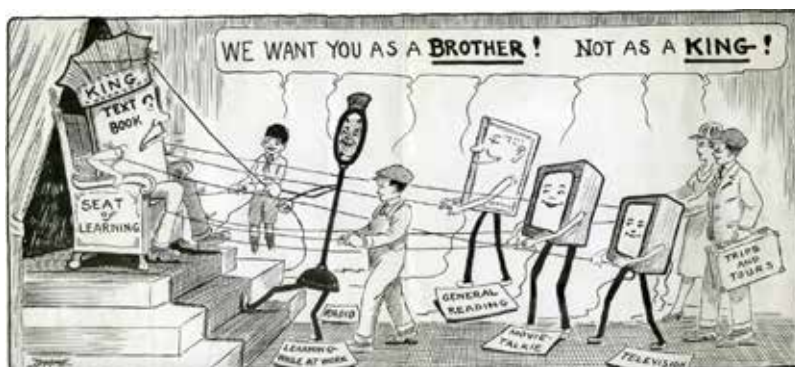


Figura 1. Ilustración sobre la complementariedad de recursos "novedosos" frente al tradicional libro de texto, en una publicación de hace cerca de un siglo. OSU Ohio School of the Air (RG 8d6), Box 1. Ohio Teaches School By Radio, n.d.

Además de los libros, los docentes deben actualizarse a través de la lectura de revistas especializadas de su área. Entre otras, y tomando en cuenta las áreas de didáctica de la física y la química, especial objetivo de este trabajo, destacamos (por orden alfabético): *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, *Anales de Química*, *Campus Junior - Magasin Scientifique de l'Université de Genève* (ejemplo de cómo transmitir contenido científico a los niños), *Chemical Engineering Education*, *Educació Química*, *Education in Chemistry*, *Enseñanza de las Ciencias*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Chemical Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Española de Física*, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *Science in School*, *The Physics Teacher*, y *Physics Education*. Invitamos al lector interesado a que busque en la web las direcciones correspondientes a estas publicaciones, muchas de las cuales ofrecen los artículos de forma gratuita. Les animamos también a que publiquen en estas y otras revistas aspectos de experiencias, innovación y reflexión sobre el proceso educativo, que seguro serán de interés para otros colegas. Otra actividad interesante y recomendable es colaborar como evaluador (o traductor; como en el caso de la interesante iniciativa de Science in School, <https://www.scienceinschool.org/>) para estas publicaciones,

lo que enriquece la comunicación entre colegas y contribuye a la continua de la actividad docente. Algunas portadas de revistas y libros se recogen en la **figura 2**.

Muchas de las revistas citadas, y otras análogas, están promovidas desde sociedades científicas, instituciones en las que sería muy positivo se implicaran también los docentes de las distintas etapas educativas. Lamentablemente, estas sociedades son vistas con cierta frecuencia como organizaciones vetustas y con actividades alejadas de las enseñanzas cuando, en realidad, suelen estar deseando contactar con profesorado y alumnado de las distintas educativas. Entre otras muchas, se destacan las Reales Sociedades Españolas de Física (RSEF) y de Química (RSEQ), cuyo grupo especializado (común a ambas) de Didáctica e Historia de la Física y la Química (GEDH) promueve distintas acciones para el profesorado, como concursos, organización de jornadas y la edición de 'Faraday: Boletín de Física y Química'. Otras instituciones, entre múltiples decenas, son la Red Iberoamericana de Docentes, o la Association for Science Education.

Portales web y bases de datos

Indudablemente, la web es una fuente inabarcable de información. De hecho, a veces la dificultad mayor no radica en cómo encontrar información sobre un tema o recurso concreto, sino cómo discriminarla y seleccionar. Una recomendación es archivar información que se considere especialmente relevante, dada la volatilidad que pueden tener algunas direcciones en internet. Aparte de portales web ya aludidos en párrafos anteriores y otros que se comentarán en epígrafes posteriores, se destacan aquí algunas determinadas, como son los referidos a:

- Eventos que se repiten con cierta periodicidad, como la Semana de la Ciencia de Madrid o la Noche de los Investigadores.
- Efemérides especiales, como son los años internacionales. Algunos han sido muy emblemáticos, como los dedicados a: la Física (2005), la Química (2011), la Luz (2015) o la Tabla Periódica de los Elementos Químicos (2019). Precisamente, mientras se edita este texto, se está celebrando el Año Internacional de las Ciencias Básicas para el Desarrollo Sostenible, como se ha descrito en un reciente trabajo [8].
- Información educativa de instituciones de prestigio, como: Consejo General de Colegios de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias (desde hace años, promueve jornadas y publicaciones, como el libro del que forma parte este capítulo), la NASA (especialmente implicada en la formación del profesorado y en la divulgación científica), The Salters' Institute (ejemplo de institución con aportaciones a la enseñanza de la ciencia desde hace décadas, como las propuestas didácticas contextualizadas e innovadoras conocidas como 'proyectos Salters'), COSCE (con los proyectos educativos ACIERTAS y PRACTICA que promueven la educación STEM), y otras.
- Portales de profesores. Entre otros muchos, se destacan los desarrollados por Andy Brunning (<http://www.compoundchem.com/>), especializado en la realización de infografías muy bien desarrolladas, sobre temas de gran interés y actualidad en química aplicada, como las seleccionadas en la **figura 3**. Entre otros muchos de gran valor, se cita el de 'Un Profe de Ciencias' (<https://www.unprofedeciencias.es/>) del profesor Luis Moreno. Para el caso concreto de vídeos con ejemplos educativos, se destacan los del profesor



Figura 2. Portadas de algunos libros y revistas aludidos en el texto.

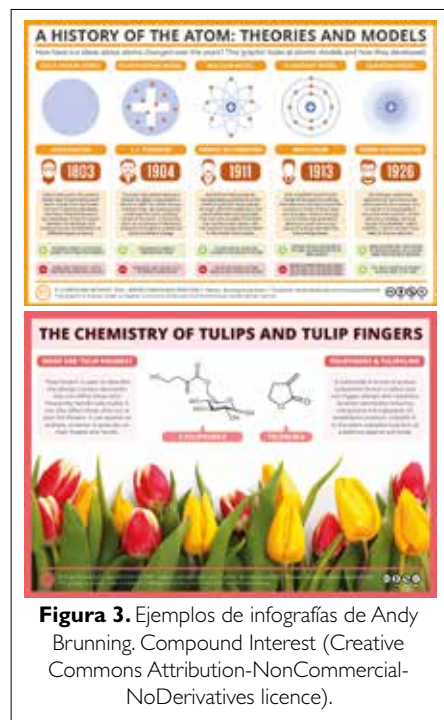


Figura 3. Ejemplos de infografías de Andy Brunning. Compound Interest (Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence).

Walter Lewin (<https://bit.ly/3NS9FVa>). Se señalan otros en párrafos posteriores, al tratar de forma específica los blogs educativos.

- Otras páginas web, como las de: empresas especializados en material educativo, portales con vídeos formativos o divulgativos, congresos y jornadas del profesorado (muchos se repiten periódicamente y facilitan así la interacción personal) y otras más, donde cabe citar los denominados ‘recursos educativos abiertos’ (conocidos por sus siglas en inglés: OER), financiados por universidades y otras instituciones y especialmente potenciados por la UNESCO [9].

Algunas de las webs citadas se recogen en la **tabla 1**. A través de ellas, es frecuente que los docentes puedan suscribirse a boletines de noticias, para mantenerse actualizados.

Tabla 1. Algunas direcciones web (por orden alfabético) con recursos recomendables para el profesorado de ciencias en general, y de física y química en particular:

Modalidad del trabajo	Dirección web
Clickonphysics (<i>Universidade de Vigo</i>)	http://www.clickonphysics.es/cms/
Consejo General de Colegios de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias	https://www.consejogeneralcdl.es/ http://www.epinut.org.es/CDC/
Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE)	https://cosce.org/
<i>Earthecho International</i>	https://www.earthecho.org/
<i>Hands-on Science Network</i>	http://www.hsci.info/
NASA (<i>National Aeronautics and Space Administration</i>)	https://www.nasa.gov/hrp/education
TEDEd (portal de vídeos educativos)	https://ed.ted.com/lessons/
<i>The Salters' Institute</i>	https://saltersinstitute.org/
<i>STEAM Learning</i> (con vídeos educativos)	https://www.stem.org.uk
Empresas proveedoras de material educativo y divulgativo de ciencias	https://www.dideco.es/ https://www.theteachersource.com/ http://www.ventusscience.com/



Figura 4. Portada de las páginas web del INTEF.

una amplia oferta de actividades de formación y colaboración del profesorado, recursos educativos y tecnología educativa [11]. Se muestra la portada de su página web en la **figura 4**.

Algunos proyectos de este tipo se han ido asentando a partir de festivales científicos, como Ciencia en Acción (con una experiencia de más de dos décadas y cuya información con recursos acumulados se recoge en <https://cienciaenaccion.org/>) y su homólogo europeo, *Science on Stage* (<https://www.science-on-stage.eu/>). En estos, en concreto, los profesores seleccionados acuden a mostrar sus logros abordados con los alumnos en proyectos educativos originales, con periodicidad anual y bienal, respectivamente.

Aplicaciones informáticas, blogs y applets

Desde hace ya algunos años, el número de blogs destinados a las materias de Física y Química (o a sus materias equivalentes en inglés, *Physics and Chemistry*) ha ido creciendo de una manera espectacular (véanse algunos ejemplos en la **figura 5**). Entre las páginas consultadas destacamos las siguientes:

Proyectos educativos nacionales e internacionales

La Comisión Europea financia muchos programas para la educación y la promoción de carreras STEM. Entre otros, cabe destacar *European Schoolnet* y, muy especialmente, *Scientix*, que promueve y respalda la colaboración entre docentes, investigadores del ámbito de la enseñanza, legisladores y otros profesionales de la docencia de materias STEM [10]. El punto de contacto nacional para *Scientix* es el INTEF (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado), que ofrece

- 20 blogs para la asignatura de Física y Química, portal Educación 3.0 (<https://bit.ly/3aDK19p>). Se trata de una recopilación de diferentes blogs en los que sus autores proponen experiencias de laboratorio, actividades, recursos, vídeos... como material de apoyo al docente de Física y Química.
- Laboratorio virtual (<https://labovirtual.blogspot.com/>): página creada por Salvador Hurtado Fernández (IES Aguilar y Cano de Estepa, Sevilla), organizada en diferentes secciones: física, química, material de laboratorio, pictogramas, v.html5.
- Fisquimed (<https://fisquimed.wordpress.com/>): página de Esteban Calvo Marín (IES Álvarez Cubero de Priego, Córdoba), que incluye reseñas científicas, material diverso (prácticas de laboratorio, apuntes, actividades, unidades didácticas, vídeos) organizado por niveles educativos.
- FisQuiWeb (<https://fisquiweb.es/>): página derivada de la web del Departamento de Física y Química del IES Juan A. Suanzes y de cuyo diseño, mantenimiento y contenidos se encarga Luis Ignacio García González. Entre sus contenidos se encuentran apuntes, material de ayuda al estudio, minivídeos, laboratorios virtuales y experiencias prácticas, enlaces, biografías, premios Nobel, libros...

Un *applet* es “una pequeña aplicación accesible en un servidor Internet, que se transporta por la red, se instala automáticamente y se ejecuta in situ como parte de un documento web” [12]. Entre las páginas de internet dedicadas a *applets* o simuladores se encuentran las siguientes:



Figura 5. Portadas de los blogs de Educación 3.0; Laboratorio virtual y Fisquimed.

- Educaplus (<http://www.educaplus.org>): sitio personal de Jesús Peñas, profesor de Física y Química (véase figura 6). Se estructura por materias (Matemáticas, Física y Química, entre otras) y permite la búsqueda por términos específicos: por ejemplo, introduciendo “densidad” se accede a las dos aplicaciones relacionadas *Laboratorio de densidades* y *Estimación de densidades*.
- Walter-Fendt (<https://www.walter-fendt.de>): se presenta en diferentes idiomas y permite acceder a multitud de aplicaciones de física, en formato HTML5. De esta manera, no se encuentran los problemas presentes en applets desarrolladas en Java, dado que esta tecnología ha quedado obsoleta y no es admitida ya por muchos navegadores.
- PhET (<https://phet.colorado.edu/es/>): es un proyecto de simulaciones interactivas gratuitas de matemáticas y ciencias, creada por Carl Wieman (Premio Nobel de Física en 2001). Su buscador permite localizar fácilmente las simulaciones y actividades relacionadas con el término de interés.

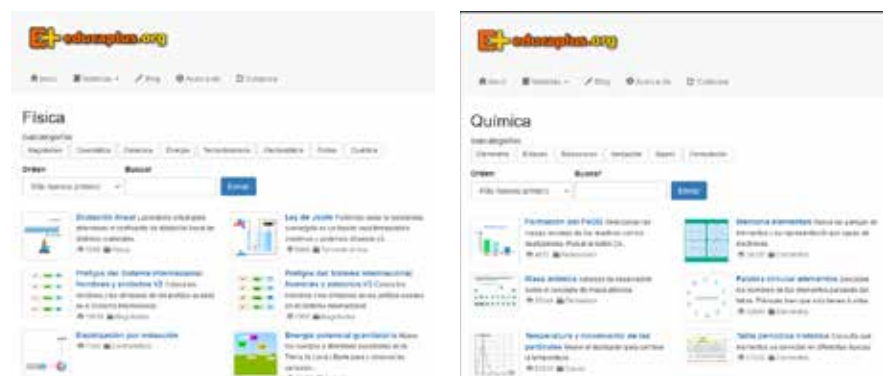


Figura 6. Portada de las páginas de Educaplus de las materias de Física y Química.

Finalmente, se presentan en esta sección algunas aplicaciones informáticas gratuitas:

- Visualización de moléculas (<http://molview.org/>): permite dibujar moléculas y visualizarlas en dos y tres dimensiones (véase **figura 7**), así como estimar parámetros geométricos como distancias y ángulos de enlace. También ofrece la posibilidad de buscar la molécula en alguna de las bases de datos disponibles. El idioma es inglés.
- ChemSketch, programa para dibujar estructuras de moléculas, especialmente útil en el caso de moléculas orgánicas (<https://bit.ly/2YIGAZS>).
- Calculadoras de huella de carbono (<https://www.ceroco2.org/>).

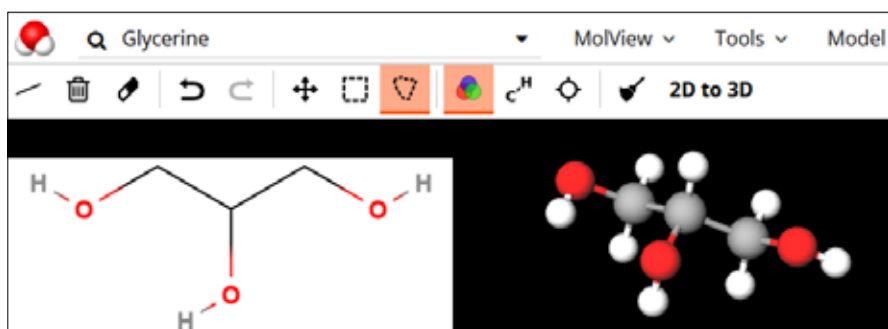


Figura 7. Molécula de glicerina en Molview.

Juguetes, ingenios científicos y maquetas

Los juguetes o ingenios científicos, así como modelos y maquetas manipulables (reales y virtuales), han sido recursos utilizados por un buen número de profesores y divulgadores científicos, desde hace tiempo. Entre los primeros se pueden destacar el pájaro bebedor, el *energy stick* [13], el pez adivino y el radiómetro de Crookes. Estos recursos unen la curiosidad

y la sorpresa a la comprensión de fenómenos fisicoquímicos aunque, como en tantas ocasiones, necesitan de una conveniente preparación por el profesorado como herramienta educativa, para no recaer en la mera anécdota o curiosidad. Muy asociadas a los juegos están las técnicas educativas que asimilan la mecánica de los juegos, y que se conocen con el nombre genérico de gamificación [14], entre las que pueden incluirse los *escape rooms*, ampliamente utilizados en la actualidad [15].

Como señala Neus Sanmartí, “las maquetas y modelos sirven para establecer y validar relaciones entre el mundo real y el de los modelos teóricos” [16], y son de amplia utilidad para facilitar la observación de objetos o fenómenos y para promover la génesis de modelos teóricos. Además, facilitan el pensamiento por analogía, lo que es relevante para la construcción del pensamiento científico. Aparte de otros modelos de gran utilidad (sistemas planetarios, estructura atómica, etc.), se destacan los que permiten visualizar la geometría molecular, que pueden ser comerciales o realizados con objetos de la vida cotidiana (corcho, plastilina, palillos, etc.)

Acciones para introducir el método científico, resolución de problemas y trabajos prácticos

Existen multitud de oportunidades para fomentar el conocimiento y empleo del método científico por parte de los alumnos. Por ejemplo, hemos propuesto en trabajos anteriores el empleo de materiales caseros, fácilmente accesibles (hielo, colorante alimentario, recipientes de plástico, piedras...) para resolver cuestiones sobre la cinética de fusión del hielo o hidrostática y otros muchos ejemplos que se pueden implementar en casa, el aula o el laboratorio [17]. En este sentido, los problemas contextualizados (y no solo los meros ‘ejercicios’) pueden ser un recurso muy formativo que colabora en la formación del pensamiento crítico, como puede verse en la última referencia citada donde, además, se recoge bibliografía complementaria al respecto.

Otros recursos

Las analogías y comparaciones, como los ejemplos de la vida real, pueden ayudar a entender conceptos de ciencia, siendo más útiles cuanto más se reutilizan, pero conociendo sus limitaciones y entendiendo que son, como las reglas nemotécnicas, un medio para mejorar la comprensión o memorización, y no un fin en sí mismas.

Otros recursos incluyen los enfoques contextualizados y del tipo ‘ciencia, tecnología y sociedad’ (C-T-S). También caben citarse como recursos imprescindibles el conocimiento didáctico del contenido (PCK, por sus siglas en inglés) y las ideas previas de los alumnos, sobre cuya reflexión se deben elaborar estrategias de enseñanza que faciliten el aprendizaje.

Por último, en esta breve revisión de algunos recursos educativos para la enseñanza de las ciencias podemos citar el empleo de cuestiones de arte e historia (máxime cuando se está proponiendo desde la propia legis-

lación la introducción de la educación por ámbitos de conocimiento e interdisciplinar), así como la realización con los alumnos de actividades extracurriculares fuera del aula, convenientemente preparadas. Entre estas se citan prácticas en empresa (como programas al respecto en 4º de la ESO), visitas a instalaciones (fábricas, depuradoras...) y museos (como los de ciencias de muchas ciudades, pero también los de otra naturaleza), participación en concursos (como el ya citado del programa Ciencia en Acción), etc. A modo de ejemplo, se han desarrollado programas de gran interés para aprender física en parques de atracciones [18].

CONCLUSIONES

En este trabajo se han mencionado algunos recursos para favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física y la química en las distintas etapas educativas. Se han obviado los que se podrían considerar más clásicos o rutinarios, pero no por ello menos importantes, como el tipo de alumnado, la propia aula, los laboratorios, medios materiales (equipamiento docente, reactivos, equipos experimentales...). No se ha pretendido realizar un análisis exhaustivo, lo que habría sido inabordable, sino mostrar cómo existe una amplia variedad de posibilidades. Se sugiere a los docentes que trabajen con cuidado estos y otros muchos recursos, para seleccionarlos de forma adecuada y aplicarlos, de acuerdo a realidad cotidiana y a los distintos perfiles de alumnado. En este punto, podríamos parafrasear a Rudyard Kipling cuando, en *The Elephant's Child*, señala:

I keep six honest serving-men
(They taught me all I knew);
Their names are What and Why and When
And How and Where and Who.

Así, las cuestiones que debe plantearse el profesorado, una vez conocida la amplia gama de posibilidades en cuanto a recursos educativos, son: ¿qué, por qué, cuándo, cómo, dónde y a quién? Además, los docentes pueden sentirse inspirados para modificar y crear nuevos recursos, que enriquecerán con seguridad el proceso de enseñanza y aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen las ayudas recibidas por: Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (proyecto de innovación educativa IE22.0506), Obra Social «la Caixa» (proyecto divulgativo «Ciencia y Tecnología al alcance de tod@s»), y Comunidad de Madrid, a través del Convenio Plurianual con la UPM, en su línea de actuación Programa de Excelencia para el Profesorado Universitario, en el marco del V PRICIT (V Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] EDUCAGOB. PORTAL DEL SISTEMA EDUCATIVO ESPAÑOL (2022) LOMLOE, Ley de Educación. [En línea], disponible en <https://bit.ly/3NEGDbv> [Consultado el 15/07/2022].
- [2] TOMÁS SERRANO, A., GARCÍA MOLINA, R. (2015) *Experimentos de Física y Química en Tiempos de Crisis*, Murcia, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Accesible en <https://bit.ly/2S3IURk> [Consultado el 15/07/2022].
- [3] DEL MAZOVIVAR, A., VELASCO MAÍLLO, S., GARCÍA MOLINA, R. (2016) 61 Oír y Ver. 61 *Experimentos de Acústica y Óptica*. Murcia, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Accesible en <https://bit.ly/3yka5y5> [Consultado el 15/07/2022].
- [4] FRANCIS, D., STEPHENS, A. (Editores) (2018) *English learners in STEM Subjects. Transforming Classrooms, School, and Lives*. Washington, The National Academic Press. Accesible en <http://nap.edu/25182> [Consultado el 15/07/2022].
- [5] COUSO, D., JIMÉNEZ-LISO, M. R., REFOJO, C., SACRISTÁN, J.A. (2020) *Enseñando Ciencia con Ciencia*. Madrid, Fundación Lilly. Accesible en <https://bit.ly/3q2buo7> [Consultado el 15/07/2022].

- [6] SOCIETY OF SPANISH RESEARCHERS IN THE UNITED KINGDOM (2021) *Ciencia-me un cuento. Cuentos para pequeños investigadores*. Madrid, Penguin Random House Grupo Editorial y Fundación Lilly. Accesible en <https://bit.ly/3IHH36> [Consultado el 15/07/2022].
- [7] CEREROLS, R., DE LA TORRE, T. (2021) *La Ciencia en las Series de Televisión*. Barcelona, Dr. Antoni Esteve Fundación. Accesible en <https://bit.ly/3yNBTMD> [Consultado el 15/07/2022].
- [8] PINTO, G. (2022) El Año Internacional de las Ciencias Básicas para el Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para la enseñanza y la divulgación. *Anales de Química*, 118(2), 86-89.
- [9] UNESCO; COMMONWEALTH OF LEARNING (2022) Taking OER Beyond the OER Community. [En línea], disponible en <https://bit.ly/3ynm1xL> [Consultado el 15/07/2022].
- [10] PROLONGO SARRIA, M., PINTO CAÑÓN, G. (2019) La Educación STEM: Ejemplos Prácticos e Introducción al Proyecto Europeo Scientix. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A., BRANDI FERNÁNDEZ, A. (eds.) *Experiencias Didácticas en el ámbito STEM: Investigación y Didáctica en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas*. Madrid, Santillana, pp. 451-460. Accesible en <https://bit.ly/2F2GaPT> [Consultado el 15/07/2022].
- [11] INTEF (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del profesorado) [En línea], disponible en <https://intef.es/> [Consultado el 15/07/2022].
- [12] FROUFE QUINTAS, A. (2014) *Java 2: Manual de Usuario y Tutorial* (5ª ed). Madrid, RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones, p. 55.
- [13] PRADA PÉREZ DE AIZPEITIA, F.I., MARTÍNEZ PONS, J.A. (2019) La Física es Cool con el Energy Stick y la Bola de Plasma. *Revista Española de Física*, 33(1), 36-39.
- [14] PINTO, G., PROLONGO, M., MARTÍNEZ, J., ALCÁZAR, V. (2018) Gamificación y Aprendizaje Basado en Juegos para Áreas STEM: Estudio del Caso de un Proyecto de Innovación Educativa. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, 33, 226-234.
- [15] TAJUELO, L., PINTO, G. (2021) Un Ejemplo de Actividad de Escape Room sobre Física y Química en Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 2205.
- [16] SANMARTÍ, N. (2002) *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*, Madrid, Síntesis.
- [17] PINTO, G. (2021) El Laboratorio en Casa: Ideas para Realizar Trabajos Experimentales con Objetos Cotidianos. *Educación en la Química, Edenaq*, 26(2), 177-192.
- [18] PRADA PÉREZ DE AZPEITIA, F.I., MARTÍNEZ PONS, J. A. (2020). El Parque de Atracciones como Laboratorio de Física, *Revista Española de Física*, 34(4), 29-31.

CÓMO ENFOCAR LA ENSEÑANZA DE LA NUTRICIÓN AUTÓTROFA Y HETERÓTROFA

Irene Angosto Sánchez

ORCID 0000-0001-5895-5799

Dirección de correspondencia: iangosto@educa.madrid.org

Palabras clave: didáctica de la biología; educación secundaria; fotosíntesis; ideas alternativas; preconceptos; nutrición vegetal.

Keywords: didactics of biology; secondary education; photosynthesis; alternative ideas; misconceptions; plant nutrition.

Resumen

No cabe duda de que el proceso de nutrición es uno de los temas más relevantes a la hora de entender los organismos vivos. Ya sea en el estudio de la fisiología humana, animal o vegetal, el funcionamiento de los ecosistemas o la célula, los estudiantes deben comprender el tema de la nutrición. Y esto ocurre desde los niveles más elementales de Primaria, cuando se habla de la diferencia entre los seres vivos e inertes, hasta los niveles preuniversitarios, cuando se tratan los temas del metabolismo.

Sin embargo, a pesar de su gran relevancia, el concepto de nutrición se utiliza con demasiada frecuencia de forma inadecuada y desestructurada. Ideas como que las plantas se alimentan por sí mismas, o que fabrican su propio alimento, mezclan y confunden constantemente los conceptos de alimentación y nutrición; la visión de la fotosíntesis como el proceso opuesto a la respiración aumenta la confusión y separa el proceso de nutrición de sus objetivos finales y su papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas.

En este trabajo se presenta un modelo para entender el proceso de nutrición de forma global que será aplicable a todas las asignaturas de Biología donde se trabaje directa o indirectamente la nutrición y válido en todos los niveles en los que se trabaje.

El modelo engloba los conceptos de nutrición autótrofa, nutrición heterótrofa, fotosíntesis, respiración celular, biomoléculas, materia orgánica e inorgánica en un solo esquema integrador.

Abstract

There is no doubt that the process of nutrition is one of the most relevant issues when it comes to understanding living organisms. Whether studying human, animal or plant physiology, ecosystems functioning or the cell, students need to understand the subject of nutrition. And it happens from the most elementary levels of Primary, when talking about the difference between living and inert beings, up to pre-university levels, when dealing with metabolism issues.

Apart from its great relevance, the concept of nutrition is too often used in an inadequate and unstructured way. Ideas such as plants feed themselves or they make their own food, constantly mix and confuse the concepts of food and nutrition; the vision of photosynthesis as the process opposite to breathing increases confusion and separates the nutrition process from its final objectives and its fundamental role in the functioning of ecosystems.

This proposal will present a model for understanding the nutrition process in a global way that will be applicable to all subjects of Biology where nutrition is worked directly or indirectly and at all study levels.

The model encompasses the concepts of autotrophic nutrition, heterotrophic nutrition, photosynthesis, cellular respiration, biomolecules, organic and inorganic matter in a single integrating scheme.

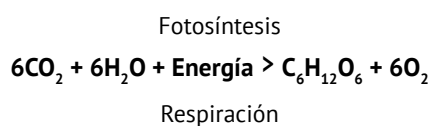
INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el conocimiento de la fisiología de las plantas se ha convertido en una pieza clave para una sociedad que busca desesperadamente una solución para el cambio climático y todas sus consecuencias. Esta formación no solo es necesaria para la medicina, la farmacia, la producción de alimentos o la biorremediación, sino que es básica para la comprensión de los ecosistemas y el reciclado de la materia, cuyo conocimiento ayuda al acercamiento de la población general a los problemas que se avecinan. Y no cabe duda de que, sin una implicación generalizada ante el cambio climático y sus problemas asociados, solucionarlos se contempla como una tarea casi imposible.

Por otro lado, la posesión de conocimientos relacionados con el mantenimiento de la salud, tanto a nivel personal como social, cada vez se contempla como más vital y relevante. Así pues, resulta lógico que los conceptos relacionados con la nutrición, tanto autótrofa como heterótrofa, se encuentren en los currículos de la mayoría de los países [1].

Sin embargo, los conceptos relacionados con la nutrición autótrofa y heterótrofa, especialmente el proceso de fotosíntesis, presentan enormes dificultades para los estudiantes de todos los niveles educativos [2-7], tal y como muestran numerosos estudios desde la década de los ochenta que analizan los conceptos erróneos y los preconceptos relacionados con estos tópicos. En la bibliografía se han encontrado más de 50 ideas erróneas asociadas solo al concepto de fotosíntesis que, además, se repiten en los diferentes países [1, 7], como, por ejemplo, la idea de que las plantas fabrican su propio alimento o que se alimentan por sí mismas; que la finalidad de la fotosíntesis es la producción de oxígeno o que es el proceso contrario a la respiración, tanto a nivel celular como a nivel del organismo [1-22].

Parece que la génesis de estas dificultades se encuentra en una malla compleja de factores interrelacionados [3, 7, 12] entre los que cabe destacar el exceso de información transmitida por los docentes [3, 7, 14], la falta de conocimientos básicos necesarios para la comprensión de estos conceptos [1, 4, 7], la mala temporización de los conceptos científicos en los currículos o la dificultad intrínseca de los procesos bioquímicos con un alto componente abstracto [4, 23]. Sin embargo, más graves son las causas relacionadas con las fuentes mismas de la información para los estudiantes, ya que la mayoría de estas ideas alternativas están presentes en los propios docentes y, algunas de ellas, en los mismos libros de texto, no solo a nivel de Primaria y Secundaria sino, a veces, en los manuales universitarios más utilizados por los estudiantes de fisiología vegetal [5, 7]. Por ejemplo, en la mayoría de libros de 2º de Bachillerato, nivel en el que se trabajan los procesos de la respiración celular y la fotosíntesis desde el punto de vista bioquímico, y en los manuales universitarios analizados por Angosto en 2013 [5], se representan ambos procesos separados por una flecha de doble sentido, dando a entender que ambos procesos son contrarios. Como se expondrá más adelante, esta idea lleva a importantes errores conceptuales básicos relacionados con el mismo concepto de nutrición.



El hecho de que muchos errores conceptuales estén presentes en los profesores y en los libros de texto provoca que algunos de estos preconceptos se vean incrementados según aumenta la formación científica de los estudiantes [4, 7], como, por ejemplo, la idea de que las plantas solo respiran por la noche ya que por el día realizan la fotosíntesis, que ambos procesos son contrarios o que solo las plantas verdes realizan la fotosíntesis. Esto provoca que muchas de estas ideas se encuentren presentes en los futuros profesores de Biología de Secundaria. Por ejemplo, en el estudio llevado a cabo por Angosto en 2015 y 2017 [6, 7] se detectó que más del 40% de los estudiantes del Máster de Formación del Profesorado en la especialidad de Biología encuestados daban por correcta la idea de que las raíces son la boca de las plantas, que casi el 30% piensan que las plantas solo respiran por la noche y que solo el 20% relacionan la síntesis de aminoácidos a partir de sales minerales con el proceso fotosintético.

Un enfoque obsoleto

La nutrición autótrofa y heterótrofa se trabajan desde Primaria como dos conceptos contrapuestos, considerándose la nutrición autótrofa como aquella que es opuesta a la de los animales, a la de los seres humanos, a la “normal”. Se resalta así la idea de las plantas como el arquetipo de organismos opuestos a los animales y que, además, son fundamentales para la vida del resto de seres vivos (de nuevo, centrándose en nosotros, los animales) ya que son las que producen el oxígeno que necesitamos para vivir; dejando a un lado que las plantas también respiran.

Con esta aproximación a los conceptos de nutrición autótrofa, nutrición heterótrofa, fotosíntesis y respiración comienza la formación científica de los estudiantes de Primaria sobre estos temas. Puede resultar tentador excusar esta aproximación con el fin de acercar el tema a los estudiantes más pequeños, sin base o formación suficiente para entender más allá. Pero lo cierto es que esto es solo el principio de una sucesión de ideas mal enfocadas que llevan a la construcción de ideas alternativas muy difíciles de corregir posteriormente [4].

Cuando se profundiza un poquito en estos conceptos, los profesores y los libros de texto comienzan a apoyarse en la etimología de las palabras. De esta manera se trata de explicar la nutrición autótrofa como aquella en la que los organismos se alimentan por sí mismos. Esta idea, junto con la de que fabrican su propio alimento, es una de las más repetidas por los docentes y se encuentran presentes en la gran mayoría de libros de Primaria y de la ESO.

En contraposición, encontramos que los seres heterótrofos se alimentan de algo diferente a ellos, cogiendo con pinzas la definición y tratando de que parezca contraria a la idea de “alimentarse por sí mismo”.

A pesar de las enormes carencias de los estudiantes para comprender a los organismos desde un punto de vista químico, en los primeros cursos de Secundaria se comienza a hablar de biomoléculas y ya se introduce la idea de que la finalidad de la fotosíntesis es la producción de glucosa o azúcares. En estos niveles se sigue resaltando que la mayor importancia del proceso es la producción de oxígeno, pero al tratar de describir el proceso de forma bioquímica, ya aparece la famosa fórmula de la fotosíntesis:



En esta fórmula se expresa la idea de que, mediante la fotosíntesis, las plantas (u otros seres fotosintetizadores) transforman el dióxido de carbono y el agua en glucosa y oxígeno, incurriendo en lo que Cañal ha denominado “la elipsis de las sales minerales” [3]. Cuando el proceso se trabaja con niños y niñas más pequeños, se suele hacer a través de dibujos que muestran una planta que fabrica azúcares en las hojas gracias a la luz del Sol, el dióxido de carbono que toman por las hojas y el agua y sales minerales que toman por las raíces; cuando se muestra un dibujo de la fotosíntesis, siempre aparecen las sales minerales. En algunas ocasiones se resumen el proceso escribiendo:



El problema surge ante la necesidad de ajustar la reacción química; considerando a los azúcares como únicos productos del proceso, resulta imposible ajustarla y la solución es “eliminar” las sales minerales de la ecuación. De esta forma, según sea la forma de preguntar en el examen sobre la fotosíntesis, los estudiantes deberán recordar incluir las sales o no hacerlo.

Según se va profundizando en el proceso desde el punto de vista bioquímico, más se aleja de una visión global e integradora del mismo; de forma que la mayoría de los docentes con formación en ciencias excluye a las sales minerales del proceso. Sin embargo, resulta curioso destacar que la síntesis de otros productos mediante la fotosíntesis se conoce desde hace 70 años. Ya en las experiencias que realizaron Calvin y su equipo, y que los llevaron a describir el famoso ciclo de Calvin en la década de 1950 [24, 25], se obtuvieron otros compuestos durante la fijación fotosintética del carbono. Y con los experimentos posteriores de Buchanan et al. en 1967 [26], de Anderson et al. en 1968 [27], y de Hatch y Slack en esos mismos años [28, 29], se fueron conociendo diferentes productos del proceso hasta aceptar la síntesis fotosintética de aminoácidos.

La planta no solo fabrica azúcares, la planta fabrica todas las moléculas orgánicas que necesita para llevar a cabo sus procesos y el mantenimiento de su organismo y, puesto que lo normal es que solo tome del medio dióxido de carbono, sales minerales y agua (todas ellas moléculas inorgánicas), las moléculas orgánicas que necesite las debe fabricar. Por tanto, la fotosíntesis es el proceso que fabrica (sintetiza) moléculas orgánicas gracias a la energía solar; excluir el resto de productos del proceso fotosintético no parece tener justificación ni sirve para facilitar la comprensión del proceso, tal y como se tratará en el modelo propuesto.

Cuando llegan a Bachillerato, aquellos estudiantes que han escogido el itinerario que incluye el estudio de la biología van a comenzar a trabajar conceptos a nivel molecular; entre ellos la bioquímica de las biomoléculas y el metabolismo. Y para cuando empiezan a poder entender la verdadera naturaleza y funcionamiento de estos procesos tienen tantas ideas erróneas, y tan fijadas, al respecto que resulta casi imposible no seguir construyendo la casa torcida.

La dificultad para corregir estas ideas a esas alturas reside en que la mayoría de los profesores son portadores de los mismos errores y que aquellos que son conscientes de las incoherencias y tratan de enderezarlas se encuentran con libros de texto que las perpetúan. Además, las ideas erróneas están tan fijadas en los estudiantes que existe una enorme resistencia a modificarlas.

Otro de los enfoques que ya ha sido muy discutido es la división del proceso fotosintético en una fase oscura y una fase lumínica. Una vez más, son nombres llamativos y atractivos para los docentes y los estudiantes que hacen más mal que bien a la comprensión del proceso. La fase lumínica se denomina así porque necesita que haya luz para llevarse a cabo; sin embargo, es casi imposible no contraponer la idea de que la fase oscura se da cuando no hay luz; cuando, en realidad, exceptuando las especies CAM, en el resto de plantas ambas fases ocurren durante el día, de forma simultánea.

Para terminar, en los manuales universitarios analizados por Angosto en 2013 [5] se encontraron diferentes errores conceptuales como considerar a la fotosíntesis el proceso contrario a la respiración o el uso de los términos “fase oscura” y “fase lumínica”; consideración de las sales minerales en el proceso y posterior elipsis de las mismas en el mismo texto; una separación espacial de los temas que tratan el metabolismo del nitrógeno y del azufre de los temas que tratan el del carbono, además de una diferencia muy considerable en el número de páginas utilizadas para explicarlos. De forma que, cuando un profesor trata de dar coherencia y continuidad al modelo de fotosíntesis ofrecido desde el punto de vista del reciclado de la materia o los ciclos biogeoquímicos de aquel modelo utilizado en los temas del metabolismo, se encontrará con unos textos donde el propio proceso se encuentra fragmentado, desestructurado y fuera de contexto.

Hacia una propuesta universal

Nuestra propuesta parte de la idea de generar un modelo válido y consistente para cualquier nivel de formación (desde Primaria hasta niveles universitarios) y para cualquier campo del conocimiento que trate el tema de la nutrición, ya sea desde un punto de vista celular-bioquímico hasta del flujo de la materia y la energía en los ecosistemas, pasando por los requerimientos nutricionales y las dietas de los diferentes seres vivos o la medicina del ser humano. Por tanto, la premisa principal es que el modelo no debe necesitar cambios o correcciones dependiendo del nivel o del campo del conocimiento donde se vaya a utilizar.

Por supuesto, dependiendo del nivel de formación de los estudiantes, se podrá presentar con un mayor o menor nivel de detalle o diferente cantidad de datos o concreción; al igual que, dependiendo del campo en el que se utilice, servirá de base para incluir la información más relevante al respecto. Sin embargo, el esqueleto y la base del modelo permanecerán constantes.

Para llegar a comprender el concepto de nutrición de una forma global e integrada deben quedar claras tres ideas:

1. La nutrición y la alimentación no son conceptos sinónimos.
2. La diferencia más relevante entre la materia inorgánica y la orgánica es la cantidad de energía útil que posee en sus enlaces.
3. Las biomoléculas son las mismas para todos los seres vivos. De un organismo a otro, lo que varía es la cantidad de biomoléculas que necesita para mantener sus funciones vitales y su modo de obtención.

1. Nutrición y alimentación

Uno de los problemas básicos que dificultan más la comprensión del proceso de nutrición es su constante confusión con el concepto de alimentación.

La nutrición debe ser entendida como un conjunto de procesos cuya finalidad última es el mantenimiento del propio organismo vivo, de su homeostasis. Para mantener el equilibrio del sistema, los seres vivos necesitan materia y energía para llevar a cabo sus funciones, reparar sus estructuras y desarrollarse. Sin embargo, la alimentación debe ser entendida como la introducción de sustancias al organismo desde el medio externo con fines nutricionales.

Así pues, la alimentación es solo uno de los procesos que se engloban dentro de la nutrición y los alimentos serían las sustancias, a veces complejas y otras más sencillas, que ingerimos, de las cuales extraemos los nutrientes necesarios para el mantenimiento de nuestra homeostasis: las biomoléculas, tanto las orgánicas como las inorgánicas.

Esta definición resulta sencilla de aceptar en el caso de los animales que se alimentan de forma similar al ser humano, pero cuando se trata de visualizarla en el caso de las plantas, por ejemplo, nos obligaría a considerar al CO₂ como alimento de las plantas. Pero, dejando a un lado la resistencia que podemos encontrar para aceptar ciertas sustancias como alimentos, lo que no presenta discusión es que alimento y nutriente, o alimentación y nutrición no son sinónimos. Es por eso que las ideas de que las plantas se alimentan por sí mismas o que fabrican su propio alimento resultan ridículas. Las plantas no fabrican sustancias que después ingieren o introducen en el organismo con fines nutricionales. De igual manera, todos los seres vivos (excepto casos particulares) se alimentan por sí mismos; esta característica no define a los seres autótrofos.

2. Materia inorgánica y materia orgánica

La materia orgánica es rica en energía de enlace. Para formar moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas es necesaria la energía. Los procesos de síntesis de materia orgánica son reductivos y requieren energía en alguna de sus formas, mientras que los procesos oxidativos catabólicos que rompen enlaces liberan energía.

Dependiendo del nivel en el que se trabajen estos temas no es necesario hablar de reacciones de óxido-reducción o de enlaces químicos; bastaría con resaltar la idea de que la materia orgánica (como el aceite, la madera, el pelo o el azúcar de mesa) son ricos en energía, mientras que la materia inorgánica (como la sal, el agua o el hierro) son pobres en energía. Resulta fácil que los más pequeños diferencien entre aquellas sustancias que prenden y liberan esa energía de aquellas que no lo hacen.

3. Universalidad de las biomoléculas

Los organismos vivos necesitan mantener su homeostasis, mantener su equilibrio interno dentro de ciertos límites y para ello necesitan un aporte constante de energía y la utilización de sustancias específicas.

Este mantenimiento del propio organismo es lo que persigue la nutrición, entendida de nuevo como ese conjunto de procesos cuyo objetivo último es la preservación del propio organismo vivo. Para ello, el ser vivo utiliza las biomoléculas con las que crea o repara estructuras, regula procesos y obtiene energía. Todas las células de cualquier organismo necesitan crear y reparar estructuras, regular procesos y obtener energía, y por ello son necesarios diferentes iones (generalmente denominados sales), agua, glúcidos, lípidos, aminoácidos y nucleótidos.

Dependiendo de la actividad de cada célula, ésta requerirá una mayor o menor cantidad de cada biomolécula; pero, solo atendiendo a la membrana plasmática, presente en todas las células, ésta requiere lípidos, glúcidos y proteínas para formar su estructura, así como distintos iones y agua para mantener su potencial y hacer funcionar las bombas.

De aquí puede verse claramente como un error la idea tan generalizada de que los organismos autótrofos (o las células autótrofas) no necesitan materia orgánica para vivir o que el único destino de la savia bruta (agua y sales minerales obtenidas por las raíces de las plantas) son las hojas u órganos fotosintetizadores. No existe ninguna célula actualmente conocida que no requiera de agua y sales (iones) para vivir; por lo tanto, parte de esa savia bruta deberá repartirse por todas las células de la planta.

La verdadera diferencia entre las células autótrofas y las heterótrofas es que las primeras tienen la capacidad de generar su propia materia orgánica; que pueden fabricar moléculas orgánicas (ricas en energía de enlace) a partir de moléculas inorgánicas (pobres en energía). Pero las fabrican porque las necesitan.

Una definición global

Con estas ideas claras, las definiciones afloran por sí mismas:

- La nutrición es el conjunto de procesos que persiguen el mantenimiento de la homeostasis de un organismo; aquellos relacionados con la utilización de materia y energía para regular procesos, crear o reparar estructuras y obtener energía.
- La nutrición autótrofa sería aquella llevada a cabo por organismos capaces de fabricar materia orgánica (rica en energía de enlace) a partir de materia inorgánica (pobre en energía de enlace), para lo cual requieren de una fuente de energía externa (en el caso de las plantas y otros seres fotosintéticos, es el Sol).
- La nutrición heterótrofa es aquella que poseen los organismos incapaces de sintetizar sus propias moléculas orgánicas y que, por lo tanto, deben introducirlas desde el medio externo, junto con las inorgánicas.
- La fotosíntesis es el proceso mediante el cual los organismos fabrican materia orgánica a partir de la inorgánica mediante la energía lumínica.
- La respiración celular es el proceso mediante el cual se obtiene energía rompiendo y oxidando las moléculas orgánicas (ricas en energía).

Representando en un esquema (**figura 1**) estos procesos, quedan en evidencia muchos de los errores conceptuales recurrentes en los estudiantes y profesores a este respecto:

1. Considerar que la nutrición autótrofa y heterótrofa son contrarias o antagónicas. En el esquema se ve cómo la diferencia radica en que la nutrición autótrofa requiere de un proceso de formación de materia orgánica, mientras que la heterótrofa toma del medio todas las moléculas básicas que necesita. No son procesos antagónicos ya que tienen el mismo objetivo y comparten la mayor parte de las rutas.
2. La fotosíntesis y la respiración celular tampoco son procesos contrarios y no deben representarse separados por una flecha de doble sentido.
3. Todos los seres vivos necesitamos tanto materia orgánica como inorgánica para fabricar o reparar nuestras estructuras, regular procesos y obtener energía; por eso no toda la materia inorgánica que toman las plantas se usa para convertirla en nutrientes orgánicos en las hojas.

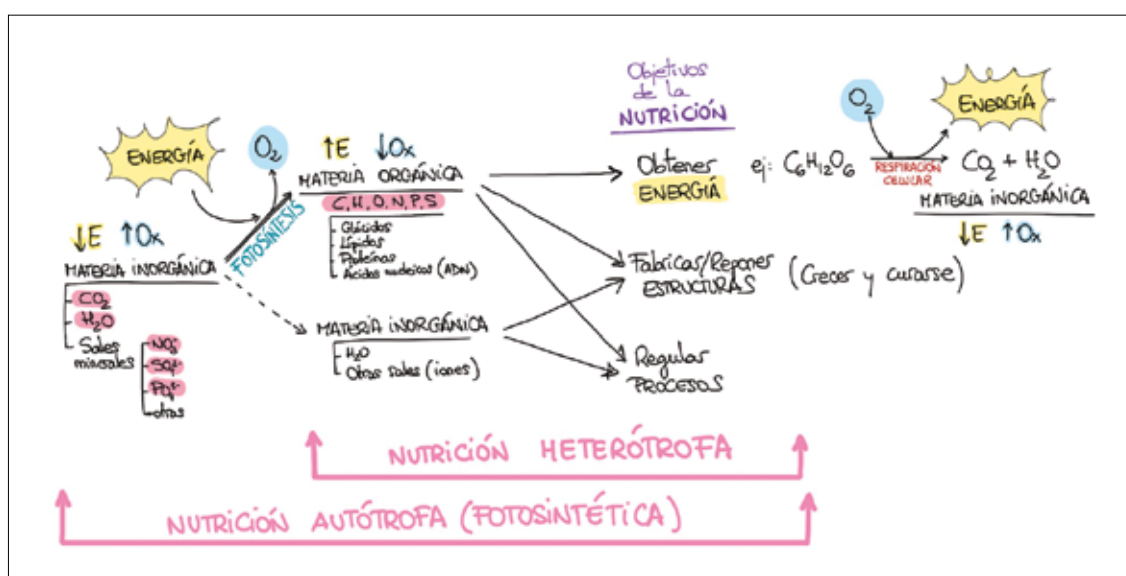


Figura 1. Representación esquemática de los procesos de nutrición autótrofa y heterótrofa.

CONCLUSIÓN

Los temas relacionados con la nutrición son trabajados desde los primeros cursos de Primaria hasta 2º de Bachillerato y, sin embargo, resultan muy complicados en su asimilación a causa de una malla compleja de factores interrelacionados donde cabe destacar los errores conceptuales de los propios profesores y libros de texto.

Construir desde el principio un concepto consistente y coherente del proceso de nutrición es fundamental para evitar la acumulación de una gran cantidad de preconcepciones relacionadas.

Nuestra propuesta es válida para tratar estos temas desde los niveles más elementales hasta los más avanzados y para trabajar desde el nivel bioquímico y celular hasta el flujo de materia y energía en los ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] KÖSE, S. (2008) "Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method". *World Applied Sciences Journal* 3(2), 283-293.
- [2] HASLAM, F., TREAGUST, D.F. (1987) "Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple-choice instrument". *J. Biol. Educ.* 21 (3), 203-211.
- [3] CAÑAL, P. (1990) *La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes. Un estudio didáctico en la Educación Básica*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Sevilla.
- [4] CAÑAL, P. (2005) *La nutrición de las plantas: enseñanza y aprendizaje*. Madrid, Síntesis.
- [5] ANGOSTO, I. (2013) "Fotosíntesis en los manuales universitarios de fisiología vegetal". En: M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (eds.) *Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato. Estrategias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la Biología, la Geología, la Física y la Química*. "Actas del II Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza" (pp. 255-263). Madrid, Santillana.
- [6] ANGOSTO, I., MORCILLO, J. G. (2015) "La concepción de la nutrición vegetal en los futuros profesores de Secundaria". En: M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (eds.) *Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato. III Congreso de Docentes de Ciencias. Experiencias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la Biología, la Geología, la Física y la Química*. "Actas del III Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza" (pp. 25-33). Madrid, Santillana.
- [7] ANGOSTO, I. (2017) *Didáctica de la nutrición vegetal. Análisis de los principales manuales de fisiología vegetal y de las concepciones de los estudiantes del Máster Universitario del Profesorado de ESO y Bachillerato de la UCM*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- [8] WANDERSEE, J.H. (1983) Students' misconceptions about photosynthesis: A cross age study. *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics* (pp: 441-466). Ithaca, NY: Cornell University.
- [9] ASTUDILLO, H., GENÉ, A.M. (1984) Errores conceptuales en biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las Ciencias* 2(1), 15-16.
- [10] BISHOP, B.A., ROTH, K.J., ANDERSON, C.W. (1986) *Respiration and photosynthesis: a teaching module*. Michigan State University, Michigan.
- [11] STAVY, R., EISEN, Y., YAAKOBI, D. (1987) How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education* 9(1), 105-115.
- [12] BATTINGER, R., TRAMOY, M., CAENS, S., MILLOT, J. (1988) "Nutrition de la plante, en les représentations des élèves en Biologie". Dijon, INRAP-ENSSAA-Lyces Agricoles.

- [13] ANDERSON, C.W., SHELDON, T.H., DUBAY, J. (1990) The effect of instruction on collage nonmajors' conceptions of photosynthesis and respiration. *Journal of Research in Science Teaching* 27(8), 761-776.
- [14] EISEN, Y., STAVY, R. (1993) "How to make the learning of photosynthesis more relevant". *International Journal of Science Education* 15(2), 117-125.
- [15] HAZEL, E., PROSSER, M. (1994) "First-year university students' understanding of photosynthesis, their study strategies and learning context". *The American Biology Teacher* 56(5), 274-279.
- [16] SONGER, J.C., MINTZES, J.J. (1994) Understanding cellular respiration: An analysis of conceptual change in college Biology. *J. Res. Sci. Teaching* 31(6), 621-637.
- [17] HILL, D.G. (1997) *Conceptual change through the use of student-generated analogies of photosynthesis and respiration by college nonscience majors*. Ph. D Thesis, Georgia University, Athens, Georgia, USA.
- [18] GRIFFARD, P.B. (2001) The two-tier instrument on photosynthesis: what does it diagnose? *International Journal of Science Education* 10, 1039-1052.
- [19] TEKKAYA, C., BALCI, S. (2003) Determination of students' misconceptions concerning photosynthesis and respiration in plants. *Hacettepe University Journal of Education* 24, 101-107.
- [20] CHARRIER MELILLÁN, M., OBENAT, S. (2001) Estudio de las concepciones de futuros maestros y profesores argentinos acerca de la fotosíntesis y la respiración. *Enseñanza de las Ciencias* 2, 282.
- [21] YENILMEZ, A., TEKKAYA, C. (2006) Enhancing students' understanding of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. *Journal of Science Education and Technology* 15, 81-87.
- [22] KELEŞ, E., KEFELI, P. (2010) "Determination of student misconceptions in "photosynthesis and respiration" unit and correcting them with the help of cai material". *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2, 3111-3118.
- [23] ARTUN, H., COŞTU, B. (2011) Unveiling primary student-teachers' misconceptions about diffusion and osmosis. *Journal of Turkish Science Education* 8(4), 117-127.
- [24] BASSHAM, J.A., BENSON, A.A., CALVIN, M. (1950) The path of carbon in photosynthesis VIII. The role of malic acid. *Radiation Laboratory, Berkeley, California*. pp. 781-787.
- [25] BENSON, A.A., CALVIN, M., HASS, V.A., ARONOFF, S., HALL, A.G., BASSHAM, J.A., WIGL, J.W. (1949) Carbon dioxide fixation by green plants. En *Photosynthesis in plants* (FRANCK, J., LOOMIS, W.E., eds.). Iowa ST. Coll. Press. Amer. pp. 381.
- [26] BUCHANAN, B.B., KALBERER, P.P., ARNON, D.I. (1967) Ferredoxin- activated fructose diphosphatase in isolated chloroplasts. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 29, 74-79.
- [27] ANDERSON, L., WORTHEN, L.E., FULLER, R.D. (1968) The role of ribose-5-P isomerase in regulation of the Calvin cycle in *Rhodospirillum rubrum*. En *Comparative Biochemistry and Biophysics of Photosynthesis*. (SHIBATA, K., TAKAMIYA, A., JAGENDORF, A.T., FULLER, R.C., eds.). University of Tokyo Press. 379 pp.
- [28] HATCH, M.D., SLACK, C.R. (1967) The participation of phosphoenolpyruvate synthase in photosynthetic CO₂ fixation of tropical grasses. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 129, 224-225.
- [29] HATCH, M.D., SLACK, C.R. (1968) A new enzyme for the interconversion of pyruvate and phosphopyruvate and its role in the C₄ dicarboxylic acid pathway of photosynthesis. *Biochemical Journal* 106, 141-146.

EDUCACIÓN PARA LA SALUD EN LOS GRADOS DE EDUCACIÓN: ¿CÓMO AMPLIAR LA DIVERSIDAD DE PROPUESTAS DE LOS FUTUROS MAESTROS?

Elena Aranda Cuerva¹, José Manuel Pérez Martín¹, Tamara Esquivel Martín¹ y Mónica Aquilino²

¹ Dpto de Didácticas Específicas. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid. España.

² Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid. España.

Dirección de correspondencia: elenaranda91@gmail.com

Palabras clave: educación infantil; educación para la salud; temáticas; recursos didácticos; metodologías; propuestas educativas.

Keywords: early childhood education; health education; topics; didactic resources; methodologies; educational proposals.

Resumen

La enseñanza de las ciencias en Educación Infantil (EI) se ve dificultada tanto por la escasez de publicaciones y materiales didácticos existentes para trabajar contenidos científicos en las aulas como por la baja formación en materias de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM en inglés) que presentan los maestros de esta etapa educativa. Por ello, en este trabajo analizamos, por un lado, las experiencias didácticas publicadas para trabajar la educación para la salud (EpS) en aulas de EI disponibles en revistas educativas españolas de impacto. Por otro lado, las temáticas, recursos didácticos y metodologías preferidas por los maestros en formación al programar sus actividades relacionadas con EpS para llevarlas a cabo en EI. Los resultados evidencian la necesidad de que los maestros amplíen la variedad de temáticas abordadas (más allá de la alimentación o la higiene), de estrategias metodológicas empleadas (principalmente asamblea) y de recursos utilizados (vídeos, cuentos) a la hora de diseñar propuestas de intervención. Como sugerencia, se incluyen tres propuestas de trabajo, para inspirar y guiar a los docentes en el diseño de intervenciones de aula que promuevan un aprendizaje más autónomo y el pensamiento crítico desde EI.

Abstract

Science teaching in early childhood education (ECE) is hampered both by the scarcity of publications and educational materials available to address scientific contents in the classroom, and by the low level of training in STEM topics among teachers at this educational stage. Therefore, in this chapter, we analyse, on the one hand, the didactic proposals published to work on health education in ECE available in relevant Spanish educational journals. On the other hand, the topics, didactic resources, and methodologies preferred by pre-service teachers when planning their activities related to health education to be carried out in ECE. The results highlight the need for teachers to broaden the variety of topics addressed (beyond food or hygiene), methodological strategies employed (mainly assembly) and resources used (videos, stories) when designing didactic proposals. As a suggestion, ideas for activities are included to inspire and guide teachers in the design of classroom interventions that promote autonomous learning and critical thinking from ECE.

INTRODUCCIÓN

Son numerosos los estudios que hablan del incremento en la desafección por las ciencias que se viene produciendo en las aulas españolas [1], desde la Educación Primaria [2] hasta la formación universitaria. Además, si nos referimos a la formación preuniversitaria de los docentes de Educación Infantil y Primaria (EP), nos

encontramos con un colectivo alejado de las ciencias y cuya práctica docente está más centrada en ámbitos emocionales, sociales y culturales [3,4,5].

Es un hecho que los docentes se sienten más cómodos y seguros enseñando sobre aquello que se sienten expertos [4], que tienen dominio o, al menos, sobre lo que puedan contestar cualquier pregunta que se les plantee en clase. De modo que, si los docentes de estos niveles se sienten inseguros enseñando ciencias, es probable que eviten cualquier dinámica que les haga perder el control y se centren en realizar una transmisión unidireccional del contenido [6]. Por lo tanto, esta forma de abordar los contenidos de ciencias por parte de los docentes estaría afectando directamente a la alfabetización científica de las futuras generaciones y, por consiguiente, de la población en general [7]; sobre todo, porque limita el potencial de aprendizaje de los niños en las primeras etapas educativas [8].

Pero no toda esta responsabilidad es de la formación preuniversitaria. La formación que reciben los futuros docentes en las universidades también debe proporcionarles los recursos necesarios para que, en su posterior ejercicio profesional, se sientan seguros y con las herramientas necesarias para enseñar ciencias [6,9]. Sin embargo, la combinación de la desafección por las ciencias, la lejanía de los contenidos recibidos durante la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) sobre salud (biología), la percepción de poca aplicabilidad en su práctica docente, así como las estrategias didácticas que se desarrollan en las facultades de educación, que en ocasiones no promueven el “aprendizaje de ciencias, haciendo ciencia” [10], pueden conducir a que la práctica de aula de la EpS en El quede relegada a situaciones puntuales y anecdóticas.

Esta situación es muy grave [4,8,11,12] y nos lleva a cuestionarnos las metodologías, estrategias didácticas y recursos que se emplean para enseñar contenidos de EpS en dicha etapa, considerando también qué contenidos son los que se abordan con más frecuencia.

Para conocerlos, en este trabajo analizamos, en primer lugar, el contenido de las publicaciones sobre EpS en la etapa de Educación Infantil que suelen publicarse en revistas de didáctica de ciencias experimentales españolas. Y, en segundo lugar, el contenido de las propuestas didácticas realizadas por los futuros maestros cuando se les pide diseñarlas. Esta información sentará las bases para poder sugerir aspectos a mejorar en el ámbito de la EpS en El.

METODOLOGÍA

Revisión de artículos sobre educación para la salud publicados en revistas de didáctica de ciencias experimentales.

Se han revisado las experiencias de aula sobre EpS que han sido publicadas entre los años 2015 y 2021 en dos revistas españolas de relevancia internacional (indexadas en SJR) en materia educativa: *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* y *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*.

Las palabras clave empleadas para la selección de artículos fueron: “salud”, “higiene”, “alimentación” y “educación ambiental”, temáticas que cobran especial relevancia en los currículos de etapas educativas tempranas, y que más suelen trabajarse en las aulas. Tras realizar una búsqueda general, se filtraron los artículos por el nivel educativo en el que se basaban los estudios (desde El hasta formación de profesorado). De ellos, se seleccionaron aquellos destinados a la etapa de Educación Infantil y que presentaban propuestas de intervención, cuyo contenido fue analizado [13].

Análisis de propuestas de aula sobre educación para la salud realizadas por maestros en formación.

Se han analizado las propuestas de intervención para trabajar los hábitos de vida saludable de 221 maestros en formación del Grado en Maestro en Educación Infantil. Cada propuesta contenía una secuencia de actividades para trabajar la EpS durante dos semanas (10-14 sesiones). El contenido de estas propuestas se analizó en función de las temáticas abordadas, las metodologías seleccionadas y los recursos didácticos que se sugería emplear durante las intervenciones. Las categorías de análisis definitivas (véanse **figuras 1 y 2** y **tabla 2**) fueron creadas en interacción con los datos [13]. Se seleccionaron aquellos destinados a la etapa de Educación Infantil y que presentaban propuestas de intervención, cuyo contenido fue analizado [13].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la revisión de la bibliografía

Del total de 502 artículos que se publicaron en ambas revistas desde 2015 hasta 2021 (293 publicados por la Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias y 209 por la revista Enseñanza de las ciencias), solo en 9 publicaciones (4,4%) se abordaba la EpS en etapas educativas tempranas (7 EI y 2 EP) (**tabla I**).

Tabla I. Listado de artículos sobre propuestas de intervención destinadas a trabajar la EpS en EI y EP que se han analizado en este estudio.

Educación Infantil				
Temática	Año	Autores	Título	Revista, vol.(núm.), pp.
Higiene	2021	M. A. López E. González E. Paños J. R. Ruiz	Microorganismos y hábitos de higiene. ¿Se aprende más en la Educación Infantil mediante fichas?	EUREKA, 18(2), 2302
Salud-enfermedad	2016	I. Amelotti M. L. Hdez. L. Abrahan M. J. Cavallo S. Catalá	Alfabetización científica en el ámbito preescolar: primeros conocimientos como herramientas para la promoción de la salud y la prevención de la Enfermedad de Chagas.	EUREKA, 13(1), 192-202
Salud-enfermedad	2021	B. Mazas E. Cascarosa E. Mateo	¿Qué suena dentro de tu cuerpo? Un proyecto sobre el corazón en Educación Infantil.	ENSEÑANZA, 39(2), 201-221
Alimentación	2021	M. Cruz-Guzmán E. Martínez-Maqueda	Iniciación a las prácticas científicas en Educación Infantil: aprendiendo sobre el sistema digestivo por indagación basada en modelos.	EUREKA, 19(1), 1202
Educación Ambiental	2021	J. Sanz D. Zuazagoitia E. Lizaso M. Pérez	Promueven los patios naturalizados el desarrollo de la competencia científica? Un estudio de caso en la educación infantil	EUREKA, 18(2), 2203
Educación Ambiental	2021	S. Pinillas-Fernández A. Torralba-Burrial	El cuaderno de campo como eje del aprendizaje de naturaleza cercana en Educación Infantil.	EUREKA, 18(3), 3202
Educación Ambiental	2021	F. Rodríguez-Marín M.A. Portillo-Guerrero M. Puig-Gutiérrez	El Huerto Escolar como recurso para iniciar la Alfabetización Ambiental en Educación Infantil.	EUREKA, 18(2), 2501
Educación Primaria				
Temática	Año	Autores	Título	Revista, vol.(núm.), pp.
Higiene	2021	J. Molina E. Paños J.R. Ruiz-Gallardo	Microorganismos y hábitos de higiene. Estudio longitudinal en los cursos iniciales de Educación Primaria.	EUREKA, 18(2), 2201
Educación Ambiental	2021	L. Amado N. Y. Torres D. Galindo	Aprender de microbiología desde la importancia de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Una experiencia en la escuela primaria	EUREKA, 18(3), 3201

Si se analizan las temáticas elegidas (tabla 1), encontramos que la más frecuente entre las publicaciones educativas es la educación ambiental (4), seguida de salud-enfermedad e higiene (2 cada una) y, por último, alimentación (1). El auge de la educación ambiental podría estar relacionado con la creciente concienciación popular sobre los problemas derivados del cambio climático en la última década, o sobre los problemas de salud derivados de la degradación medioambiental, algo que la pandemia por COVID-19 ha evidenciado más, si cabe. De hecho, casi todos los artículos se han publicado en 2021, lo que sugiere un despertar del interés por la EpS en EI a raíz de la pandemia. Esto llama la atención y preocupa, pero nunca es tarde. La etapa de EI es fundamental para la adquisición de hábitos saludables y proteccionistas del entorno. Es importante propiciar la concienciación y la toma de acción de estos estudiantes cuanto antes, ya que se trata de un colectivo sin normas sociales afianzadas que es capaz de diseminar rápidamente patógenos entre la población y que podría contribuir a empeorar la situación ambiental si no se le enseña a no hacerlo [14].

Pero además se debe tener en cuenta que hay una serie de temáticas que, según el currículo de EI vigente hasta ahora [15], también pertenecen al ámbito de la EpS y que no aparecen entre las temáticas abordadas en ninguna publicación de los últimos siete años, como son: la educación vial, la educación sexual o la educación emocional, entre otras. En todo caso, las propuestas publicadas sobre EA no hacen hincapié en la importancia de una EpS integral que relacione la salud humana y ambiental, tal y como indica la OMS [16], así como tampoco lo hacen las que se ofertan desde instituciones públicas para centros educativos y familias [17].

Resultados del análisis de las 221 propuestas de aula

Los resultados del análisis de las 221 propuestas de aula de los futuros docentes en el marco de la enseñanza de EpS en aulas de EI se representan en tres gráficas diferentes, en función del contenido analizado: temáticas, metodologías y recursos.

Como se puede observar en la figura 1, las temáticas utilizadas por los participantes fueron mayoritariamente: alimentación (28%), higiene (22%) y educación vial (22%). En un segundo bloque, con porcentajes bastante inferiores, encontramos actividad/descanso (6%), educación sexual (5%) e imagen corporal (5%). Por último, el tercer bloque representa las temáticas de accidentes de aula (2%), médicos (2%), cuerpo humano interno (2%), medio ambiente (2%), normas sociales (2%), miedos (1%) y emociones (1%).

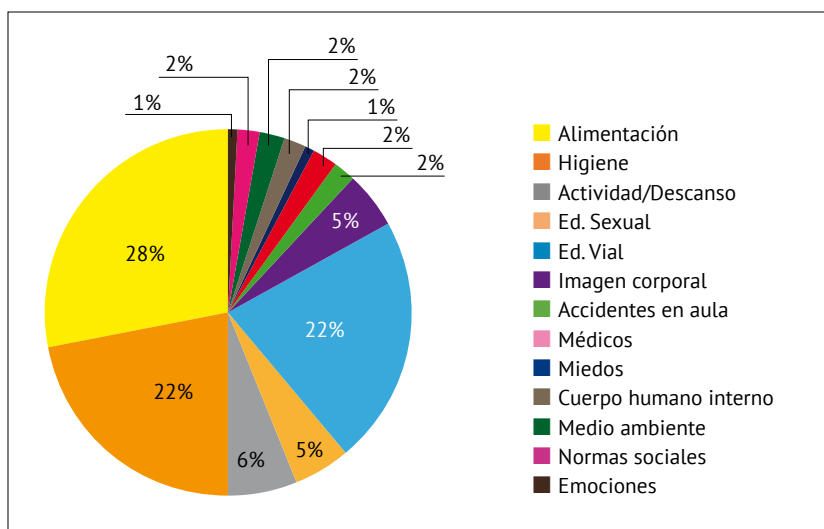


Figura 1. Frecuencia relativa de las temáticas elegidas por los maestros en formación al elaborar sus propuestas de intervención.

En este caso, se observa un patrón similar al de los datos recogidos en la revisión de artículos, pocas opciones seleccionadas como las más habituales y otra gran mayoría que aparece con representaciones muy pequeñas o que incluso no aparecen. Por ejemplo, tanto entre los artículos estudiados como en las propuestas de aula hay siempre una temática sobresaliente, “educación ambiental” en el primer caso y “alimentación” en el

segundo. Y el patrón se repite con las temáticas olvidadas, como la “educación afectiva” en la bibliografía o las “emociones” en los trabajos docentes.

Entre las metodologías utilizadas, y que se pueden observar en la figura 2, se comprueba cómo más de la mitad de los maestros en formación propusieron la asamblea (53%), que abarca todas aquellas actividades relacionadas con la expresión, la reflexión y comprensión oral; seguida del juego simbólico (28%), que engloba las actividades de juego simbólico propiamente dicho, la dramatización o las tareas por roles. En tercera posición se encuentran los trabajos de mesa (18%), que incluyen las tareas individuales o grupales realizadas en mesa mediante fichas. Y, por último, la categoría minoritaria es “familias” (1%), que incluye actividades como el libro viajero o la escuela de padres.

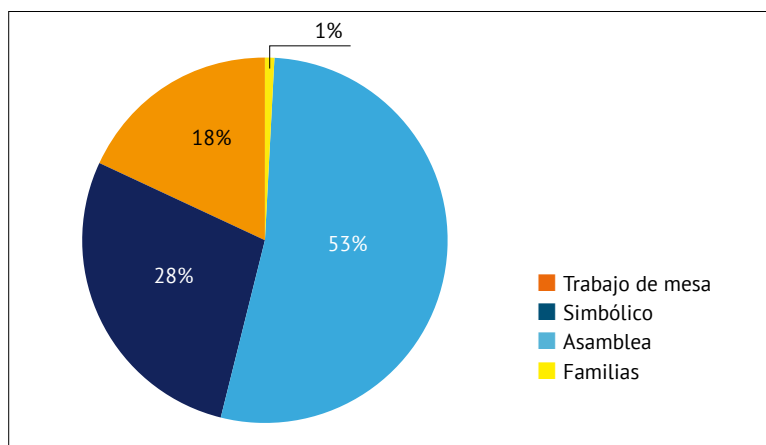


Figura 2. Frecuencias relativas de las estrategias didácticas propuestas por los maestros en formación.

Destaca la poca variedad de estrategias metodológicas consideradas por los futuros docentes en sus propuestas, así como el hecho de que las predominantes son metodologías vinculadas a un modelo de enseñanza más tradicional, quedando fuera otras opciones más novedosas [18], como: los grupos interactivos, el aprendizaje basado en proyectos (ABP), las inteligencias múltiples, la flipped classroom, el aprendizaje cooperativo o el aprendizaje-servicio, entre otros. En todo caso, metodologías como el uso de la asamblea resultan muy flexibles, ya que permiten llevar a cabo actividades con distinta demanda cognitiva, brindando la oportunidad al alumnado de desarrollar el razonamiento científico y el pensamiento crítico, así como de corregir ideas previas o alternativas (cambio conceptual) [9,19].

Por otro lado, como se puede observar en la **tabla 2**, los recursos más utilizados fueron los audiovisuales (30,6%), seguidos de los cuentos (27%). A continuación, destacan la pizarra digital interactiva (PDI, 12%), los materiales para realizar actividades plásticas (12%), las salidas de campo (7,6%) y las figuras de referencia (5,7%). Por último, los menos utilizados son los recursos lógico-matemáticos (4,1%) y la relajación (0,6%).

Tabla 2. Frecuencias absolutas y relativas de los recursos propuestos por los maestros en formación.

Cuentos	PDI	Excursiones	Actividades plásticas	Lógica	Relajación matemática	Figuras de referencia	Audiovisual
87	38	24	38	13	2	18	97
27,4%	12,0%	7,6%	12,0%	4,1%	0,6%	5,7%	30,6%

Los recursos más utilizados se asocian, como ocurría con las metodologías, a modelos de enseñanza más tradicionales y que tienden a la unidireccionalidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, tanto los cuentos como la mayoría de los elementos audiovisuales, así como las excursiones o las actividades propuestas a través de la PDI, tienden a ser recursos utilizados en actividades dirigidas, donde el aprendizaje y

la información se mueven en una única dirección: del recurso o de quien presente el recurso, al niño. Mientras que otros elementos presentes en la tabla permiten un trabajo más libre, autónomo o autorregulado por parte de los niños: las actividades lógico-matemáticas, como el uso de bloques o construcciones; la relajación, adaptándola a sus necesidades o gustos; o las actividades plásticas, donde pueden expresarse con libertad.

Hay que destacar que estos resultados están en consonancia con los obtenidos al analizar las publicaciones en revistas de investigación educativa, ya que el número de temáticas que se sugieren trabajar es muy limitado. El tema de la higiene es uno de los mayoritarios en ambos casos (22% en propuestas de aula y 25% en investigaciones educativas). También destaca la temática de alimentación (28% en propuestas de aula y 13% en revistas de investigación). En cualquier caso, nuestros resultados sugieren que, de haberla, existe una limitada comunicación entre la investigación educativa y la práctica de aula, como se ha demostrado para otros ámbitos de la enseñanza de las ciencias [20].

En lo que a las metodologías y recursos se refiere, se ha comentado la peculiaridad de encontrar los dos en posiciones bastante tradicionales y alejadas de modelos más renovadores de la educación. Son múltiples las investigaciones [9,18,19] que, desde hace años, instan al personal educativo a trabajar con metodologías más innovadoras, que doten a sus alumnos de las herramientas necesarias para que sean ellos los que protagonicen sus propios procesos de aprendizaje, adaptándolos a sus ritmos y necesidades [9,10]. De este modo, los docentes pasan a un segundo plano, donde su labor es la de acompañar al alumnado y proporcionarle los recursos y el apoyo necesarios cuando lo requieran, pero en ningún caso tratando de guiar sus procesos hacia una única dirección [12,19].

MICRO-PROPUESTAS DE AULA

En base a las carencias detectadas en los trabajos y artículos analizados, en lo que se refiere a diversidad de temáticas, metodologías y recursos, sugerimos tres propuestas de intervención indicando aquellos que proponemos utilizar. El objetivo es que sirvan como ejemplo para comenzar a trabajar la EpS desde otras perspectivas menos habituales, pero igual de necesarias.

PROPUESTA 1

Temática: Educación vial.

Metodología: *Flipped classroom*.

Recursos: Materiales para actividades plásticas (papeles, pinturas, recortes, pegamento, etc.)

Desarrollo de la actividad:

Se plantea y se acuerda la temática a trabajar el día anterior en clase (por ejemplo, las normas de circulación para ciclistas). La metodología *flipped classroom* se basa en que los alumnos busquen, obtengan y recopilen información en sus casas para luego llevarla a clase al día siguiente. Cada estudiante debe plasmar los resultados de su investigación en collages, textos, recopilaciones de imágenes, dibujos, etc. Y en el aula se realizará una puesta en común de la información, con intercambio de opiniones, posibles debates, reflexiones y conclusiones en gran grupo.

PROPUESTA 2

Temática: Educación sexual.

Metodología: ABP.

Recursos: Figuras de referencia.

Desarrollo de la actividad:

Cuando se trabaja a través de ABP, las temáticas se suelen acordar entre docentes y alumnos, y el ritmo y la secuencia los marcan la curiosidad e interés de los estudiantes. En este caso, podríamos trabajar, por ejemplo, sexualidad e intimidad, y, para ello, podemos emplear como recursos humanos a familiares, profesionales u otros docentes que vengan al aula a participar en el proyecto, aportándonos sus conocimientos y perspectiva, para resolver dudas, fomentar debates y obtener reflexiones y conclusiones en grupo.

PROPUESTA 3

Temática: Educación emocional.

Metodología: Aprendizaje cooperativo.

Recursos: Relajación.

Desarrollo de la actividad:

Se plantea una sesión de aula en la que se va a tratar la emoción del enfado. Inicialmente, se hace una puesta en común en la que todos comparten lo que sienten cuando se enfadan y las situaciones que pueden provocar esos enfados. A través de la idea del aprendizaje cooperativo, se transmite la idea de comunicar cuando estén de acuerdo con lo que algún compañero comente, fomentando la idea de grupo, así como la empatía y la comprensión. En la segunda parte de la sesión, se plantean propuestas sobre lo que se puede hacer para gestionar situaciones de enfado. En previsión de que la relajación puede salir propuesta como recurso, se puede preparar una sesión de relajación en grupo o por parejas (se sigue trabajando a nivel cooperativo) y terminar la sesión con ella.

CONCLUSIONES

Los maestros en formación necesitan ampliar sus conocimientos sobre ciencias (alfabetización científica), así como adquirir formación más completa en cuanto al conocimiento didáctico de los contenidos que pueden trabajar desde las etapas educativas más tempranas para mejorar la EpS de su futuro alumnado. Esto les permitirá considerar en sus diseños y aplicar estrategias, metodologías y recursos didácticos más variados con sus estudiantes; algo fundamental sobre todo durante las etapas tempranas como es la EI.

Además, se debe potenciar una investigación educativa en EpS que reconozca las necesidades que tienen los docentes en ejercicio y proponga intervenciones para el aula que les ayuden en su práctica de aula (transferencia). Para ello, es necesario animar a los docentes a escribir y publicar sobre aquellas actividades que funcionen con su alumnado, así como, promover mayor presencia de investigadores en las aulas, para que se estudien las necesidades reales de la enseñanza en EI.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. ROBLES, A., SOLBES, J., CANTÓ, J.R., LOZANO, O.R. (2015) Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 14, 361-376.
- [2] MURPHY, C., BEGGS, J. (2003) Children's perceptions of school science. *The School science review* 84, 109-116.
- [3] BRÍGIDO, M., BORRACHERO, A. B., BERMEJO, M. L., GUTIÉRREZ-ASCANIO, C. (2012) Diferencias en las emociones en la enseñanza de las ciencias de futuros maestros de primaria de tres universidades españolas. *International Journal of Developmental and Educational Psychology* 2, 69-75.
- [4] CANTÓ, J., DE PRO, A., SOLBES, J. (2016) ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 34, 25-50.
- [5] GARCÍA-CARMONA, A., CRUZ-GUZMÁN, M., CRIADO, A. (2014). ¿Qué hacías para aprobar los exámenes de ciencias, qué aprendiste y qué cambiarías? *Investigación en la escuela* 84, 31-46.
- [6] CAÑAL DE LEÓN, P., CRIADO, A. M., GARCÍA-CARMONA, A. Y MUÑOZ-FRANCO, G. (2013) La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de educación infantil y primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la escuela* 81, 21-42.
- [7] FECYT (2015) *¿Cómo podemos estimular una mente científica? Estudio sobre vocaciones científicas.* <https://www.fecyt.es/es/publicacion/como-podemos-estimular-una-mente-cientifica>

- [8] ARANDA-CUERVA, E., PÉREZ-MARTÍN, J. M. (2021) análisis de la enseñanza de procedimientos científicos en educación infantil: la flotabilidad para el desarrollo de destrezas científicas en un aula de 5 años. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A., HERRÁEZ SÁNCHEZ, A. (eds.) *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (II)*, pp. 29-37.
- [9] PÉREZ-MARTÍN, J. M., SALVADÓ, Z., SÁNCHEZ-FERREZUELO, L., GAIRAL-CASADÓ, R., NOVO, M. (2022). Entrando por la otra puerta: la indagación para promover el razonamiento científico en Educación Infantil. *Contexto Educativos. Revista de Educación* 30, en edición.
- [10] COUSO, D. JIMÉNEZ-LISO, M.R., REFOJO, C., SACRISTÁN, J.A. (2020) *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT y Fundación Lilly. Madrid: Penguin Random House Grupo Editorial S.A.U.
- [11] ESHACH, H., FRIED, M.N. (2005) Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology* 14, 315-336.
- [12] PÉREZ-MARTÍN, J. M., ARANDA-CUERVA, E. (2021) ¿Cómo despertar la vocación científica en la población infantil? *Boletín del Colegio Oficial de Docentes, Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias* 297, 35-37.
- [13] GEE, J. P. (2011) Discourse analysis: What makes it critical? En ROGERS, R. (eds.) *An Introduction to Critical Discourse Analysis in Education*, 23-45.
- [14] PÉREZ-MARTÍN, J. M. (2020) Valoración sanitaria de las medidas de actuación en centros escolares para el curso 2020-21. ¿Se piensa y prioriza la salud cuando hablamos de educación en la nueva normalidad? *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social* 9(3).
- [15] GARCÍA-CARMONA, A., CRIADO, A. M., CAÑAL, P. (2014) Alfabetización científica en la etapa 3-6 años: un análisis de la regulación estatal de enseñanzas mínimas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 32, 131-149.
- [16] AMUASI, J.H., LUCAS, T., HORTON, R., WINKLER, A.S. (2020). Reconnecting for our future: the lancet one health commission. *The Lancet* 395, 1469-1471.
- [17] ROLDÁN, S. PÉREZ-MARTÍN, J. M., ESQUIVEL-MARTÍN, T. (en revisión 2022) Educación para la justicia ambiental: ¿Qué propuestas se están realizando? *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social* 11(2).
- [18] PERTUSA MIRETE, J. (2020) Metodologías activas: la necesaria actualización del sistema educativo y la práctica docente. *Supervisión21. Revista de Educación e Inspección* 56, 1-21
- [19] PÉREZ-MARTÍN, J. M. (2021) ¿Aprendizaje por indagación en Educación Infantil? *Cuadernos de Pedagogía*, 523, 52-55.
- [20] ESQUIVEL-MARTÍN, T., BRAVO-TORIJA, B., PÉREZ-MARTÍN, J. M. (2019) Brecha entre investigación y praxis educativas en la enseñanza de biología. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* 17, 75-91.

¡CÓMO Y CUÁNTO HEMOS CAMBIADO!: CONSTRUYENDO NUESTRA GENEALOGÍA

Andrés Armendáriz Sanz

¹ Geodivulgar: Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid.

Dirección de correspondencia: aarmendarizsanz@gmail.com

Palabras clave: cladograma; caracteres; cráneo; fósiles; homínidos; paleoantropología.

Keywords: cladogram; characters; fossils; hominins; palaeoanthropology; skull.

Resumen

La clasificación y las relaciones de parentesco de los homínidos extintos a través de sus fósiles ha sido y sigue siendo un gran desafío científico al que se enfrentan los paleoantropólogos. El presente taller realiza un completo y trazable recorrido por una de las principales metodologías que utilizan estos científicos para dar respuesta a dichos retos. Aquí se estudian y comparan 9 especies de homínidos extintos (variados en géneros y cronologías) a través de sus cráneos fósiles reales (dimensiones y formas) más los cráneos de *H. sapiens* y *Pan troglodytes* (chimpancé) como referentes.

Abstract

The classification and phylogenetic relationships of extinct hominins species have been and still are a great scientific challenge for paleoanthropologists. The present workshop carries out a complete and traceable route for one of the main methods scientists use with the aim of giving a response to these challenges. In this paper, 9 extinct hominins species are studied and compared [a wide ranging of genus and chronology] through their real fossil skulls (dimensions and shapes). In addition, *H. sapiens* and *Pan troglodytes* (chimpanzee) skulls are used as a reference.

OBJETIVOS Y CONTENIDOS

El taller tiene como principales objetivos y contenidos los siguientes apartados:

- a) Realizar y comparar mediciones craneométricas en nuestro cráneo, del chimpancé y de algunos de nuestros ancestros.
- b) Observar la interpretación adaptativa de algunos de los caracteres craneofaciales estudiados.
- c) Constatar posibles tendencias evolutivas en los caracteres analizados.
- d) Realizar un análisis cladístico, su interpretación y la aplicación en la taxonomía de nuestro linaje (homínidos), a partir de los caracteres medidos.
- e) Aprender a generar hipótesis de relaciones ancestro-descendiente para nuestro linaje (homínidos), a partir del análisis cladístico resultante.

Alumnado y público destino

Existen muy pocos talleres o materiales didácticos que elaboren hipótesis científicas por medio de la medición y comparación de fósiles humanos reales; el presente taller cubre esta carencia para alumnos de varios niveles académicos (tabla I).

METODOLOGÍA

El taller se inicia con las mediciones y clasificaciones sencillas de caracteres craneofaciales, a partir de plantillas realizadas sobre imágenes o fotos de cráneos reales de homínidos. El alumnado deberá buscar la interpretación

Tabla 1. Relación de las actividades del taller en relación con el nivel del alumnado y el tiempo requerido. *Últimos cursos

Actividades del Taller	Nivel alumnado y duración		
	Primaria*	Secundaria*	Universidad
a) Realizar y comparar mediciones craneométricas en nuestro cráneo, del chimpancé y de algunos de nuestros ancestros (denominados homínidos)	X de 1 a 1,5 horas	X de 1 a 1,5 horas	X de 1 a 1,5 horas
b) Observar la interpretación adaptativa de algunos de los caracteres craneofaciales estudiados	X 0,5 hora	X 1 hora	X 1 hora
c) Constatar posibles tendencias evolutivas en los caracteres analizados		X 1 hora	X 1 hora
d) Realizar un análisis cladístico, su interpretación y la aplicación en la taxonomía de nuestro linaje (homínidos), a partir de los caracteres medidos		X 1 hora	X de 1 a 1,5 horas
e) Aprender a generar hipótesis de relaciones ancestro-descendiente para nuestro linaje (homínidos), a partir del análisis cladístico resultante		X de 35 a 45 minutos	X de 35 a 45 minutos

adaptativa y dibujar sobre las distribuciones temporales la tendencia evolutiva. Con los datos se creará una matriz que, al registrar en un software de cladística, sirve para realizar una búsqueda y posterior análisis del árbol evolutivo resultante. Se finaliza planteando hipótesis ancestro-descendiente, partiendo del citado árbol.

MATERIAL Y MÉTODOS

Elección de los O.T.U. (Unidades Taxonómicas Operativas)

El primer paso es definir los O.T.U. a estudiar y comparar, así como otra información relevante de los mismos y plasmarlas en tablas (**tablas 2 y 3**). Se elegirá el/los ejemplares/es y los caracteres según disposición de tiempo y/o nivel alumnado. Se recomienda evitar utilizar el nombre de la/s especie/s para evitar condicionar los resultados.

Tabla 2. Especies/O.T.U.S (ejemplares) objeto del proyecto*

Especie	Ejemplar (cráneo) utilizado	Distribución temporal (m.a.)
<i>Sahelantropus tchadensis</i>	TM 266-01-060-1	6,8-7,2
<i>Ardipithecus ramidus</i>	ARA-VP-6/500	4,3-4,5
<i>Australopithecus afarensis</i>	AL 444-2	3-3,7
<i>Australopithecus africanus</i>	Sts 5	2,4-3
<i>Paranthropus robustus</i>	SK 48	1,3-2,3
<i>Paranthropus boisei</i>	OH 5	1-2
<i>Homo habilis</i>	KNM ER 1813	1,6-2,8
<i>Homo rudolfensis</i>	KNM ER 1470	1,95-2
<i>Homo ergaster</i>	KNM WT 1500	1,4-1,7
<i>Homo sapiens</i>	Réplica	0-0,195

A continuación, se debe elegir una O.T.U. que actúe como grupo externo de comparación. En nuestro caso se ha elegido a *Pan troglodytes* (chimpancé común). Este, en principio, muestra los estados plesiomórficos (ancestrales o primitivos) de nuestro linaje.

Tabla 3. Grupo externo utilizado.

Especie	Ejemplar (cráneo) utilizado	Distribución temporal
<i>Pan troglodytes</i>	Réplica	Actualidad

Medición, comparación y asignación de estado a los caracteres

Se define cada carácter y la descripción anatómica para ubicar los puntos craneométricos referenciales, así como la funcionalidad adaptativa (si existiese). Posteriormente se realiza la medición o cuantificación del carácter mediante la realización de ejercicios sencillos utilizando reglas, calibres, transportadores de ángulos o *software* de medición (versión virtual), sobre plantillas con fotografías o imágenes reales de los cráneos. Como principales referentes para la definición de caracteres, estados y ordenación de estos se han utilizado las publicaciones lideradas por Strait [1, 2].

Índice de protrusión del paladar anterior al sellion (prognatismo facial) (SG13)

Por las limitaciones de espacio en esta publicación no se muestran las mediciones completas por cada ejemplar. Esos datos pueden consultarse en la versión publicada por la Real Sociedad Española de Historia Natural [3].

Prognatismo facial: proyección hacia delante de ciertos huesos de la cara con respecto al neurocráneo [4]. **Variable y puntos craneométricos:** es el ángulo formado entre la línea que une el sellion con el prostion y el plano de Frankfurt en norma lateral [5] (figura 1). Una vez obtenidos los resultados, se facilita a los alumnos las distribuciones temporales de cada especie (tablas 1 y 2) de manera que dibujen las áreas de distribución temporal del carácter para conocer y analizar sus posibles tendencias evolutivas (figura 2).



<p>Figura 1. Definición de los puntos craneométricos</p>	<p>Recursos</p>		<p>Figura 2. Evolución en el tiempo del carácter SG13. Posible tendencia evolutiva</p>
	<p>Soporte físico o digital</p>	<p>Medición y equipo de medición</p>	
<p>Fotografía en papel u ordenador</p>		<p>Trazos y puntos craneométricos sobre fotografía en papel o pantalla. Regla y transportador de ángulos analógico o digital.</p>	

Tabla 4. Clasificación y estados del carácter SG13.

PROGNÁTICO	MESOGNÁTICO	ORTOGNÁTICO
<p>Estado 0</p>	<p>Estado 1</p>	<p>Estado 2</p>
<p>≤ 65°</p>	<p>> 65° y ≤ 70°</p>	<p>> 70°</p>

Constricción postorbital (SG26)

Constricción postorbital: estrechamiento del cráneo, justo detrás de las cuencas de los ojos. **Variable y puntos craneométricos:** se mide como un índice de amplitud frontal mínima (bi-frontotemporal) con respecto a la amplitud facial máxima (bi-frontomalar temporal) en norma superior [2]. Es importante escalar la fotografía o imagen (figura 3).



<p>Figura 3. Definición de los puntos craneométricos</p>	<p>Recursos</p>		<p>Figura 4. Evolución en el tiempo del carácter SG26. Posible tendencia evolutiva</p>
	<p>Soporte físico o digital</p>	<p>Medición y equipo de medición</p>	
<p>Fotografía en papel u ordenador con escala</p>		<p>Trazos y puntos craneométricos sobre fotografía en papel con escala. Regla o calibre .</p>	

Tabla 5. Clasificación y estados del carácter SG13.

MARCADO	MODERADO	LEVE
Estado 0	Estado 1	Estado 2
≤ 65%	> 65% y ≤83%	> 83%

Orientación de la línea del premolar en la mandíbula (forma de la arcada dental) (SG62)

Premolar: cada uno de los dientes que se encuentran entre los caninos y los molares [6]. **Variable y puntos craneométricos:** es la orientación entre las líneas del plano sagital con respecto a la línea que une los dientes postcaninos en norma inferior [3] (figura 5).


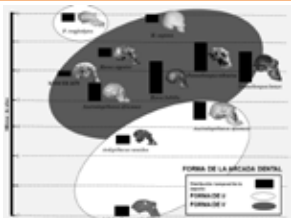
Figura 5. Definición de los puntos craneométricos	Recursos	Figura 6. Evolución en el tiempo del carácter SG62. Posible tendencia evolutiva
	Soporte físico o digital	
	Medición y equipo de medición	
	Fotografía en papel u ordenador	
	Trazos y puntos craneométricos sobre fotografía en papel. Regla o calibre.	

Tabla 6. Clasificación y estados del carácter SG62

FORMA DE U	FORMA DE V
Estado 0	Estado 1
LÍNEA DEL PREMOLAR PARALELA AL PLANO SAGITAL	LÍNEA DEL PREMOLAR OBLICUA AL PLANO SAGITAL

Posición del foramen magnum respecto a la línea timpánica (SG41)

Foramen magnum: apertura grande y redondeada en la parte posterior del cráneo por la cual pasa la médula espinal para unirse a la base del cerebro [6]. **Variable y puntos craneométricos:** la posición del basion en relación con una línea que conecta los puntos más inferolaterales en los meatos timpánicos (a la altura del porion) en norma inferior [2] (figura 7).



Figura 7. Definición de los puntos craneométricos	Recursos	Figura 8. Evolución en el tiempo del carácter SG41. Posible tendencia evolutiva
	Soporte físico o digital	
	Medición y equipo de medición	
	Fotografía en papel u ordenador	
	Trazos y puntos craneométricos sobre fotografía en papel. Regla o calibre.	

Tabla 7. Clasificación y estados del carácter SG13.

MUY POSTERIOR	EN LÍNEA TÍMPÁNICA	MUY ANTERIOR
Estado 0	Estado 1	Estado 2

Caninos reducidos (SG51)

Canino: cada uno de los dos dientes superiores e inferiores en la esquina de la boca, entre los incisivos y premolares [6]. **Variable y puntos craneométricos:** comprobando visualmente sobre la imagen o fotografía con dibujo en norma anterior del contorno del canino, distinguiéndose tres posibles tamaños a asignar (figura 9).



<p>Figura 9. Definición de los puntos craneométricos</p>	<p>Recursos</p> <p>Soporte físico o digital Medición y equipo de medición</p>	<p>Figura 10. Evolución en el tiempo del carácter SG51. Posible tendencia evolutiva</p>
	<p>Fotografía en papel u ordenador</p> <p>Tamaño del dibujo del diente superpuesto sobre fotografía en papel. Visual comparativa.</p>	

Tabla 8. Clasificación y estados del carácter SG51.

<p>NO REDUCIDOS</p>	<p>ALGO REDUCIDOS</p>	<p>MUY REDUCIDOS</p>
<p>Estado 0</p>	<p>Estado 1</p>	<p>Estado 2</p>

Espesor relativo del esmalte (SG59)

Esmalte: sustancia dura que forma una capa alrededor de la corona de los dientes [6]. **Variable y puntos craneométricos:** al tratarse de un carácter cuantitativo, medible a través de microscopía electrónica, es inviable para este proyecto definir puntos de medida. Para ello, se dibujan sobre las imágenes o fotografías, según ejemplar, tres contornos (grueso, intermedio y fino) en norma inferior, de manera que el alumnado sepa distinguir y asignar el estado (figura 11).


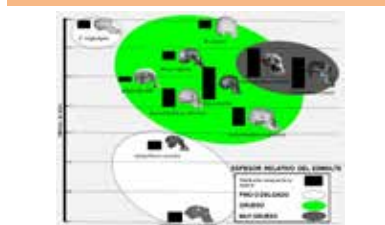
<p>Figura 11. Definición de los puntos craneométricos</p>	<p>Recursos</p> <p>Soporte físico o digital Medición y equipo de medición</p>	<p>Figura 12. Evolución en el tiempo del carácter SG59. Posible tendencia evolutiva</p>
	<p>Fotografía en papel u ordenador</p> <p>Trazos y puntos craneométricos sobre fotografía en papel. Regla o calibre.</p>	

Tabla 9. Clasificación y estados del carácter SG59.

<p>FINO O DELGADO</p>	<p>GRUESO</p>	<p>MUY GRUESO</p>
<p>Estado 0</p>	<p>Estado 1</p>	<p>Estado 2</p>

Expresión supraorbital (CW25)

Toro o torus supraorbital: barra completa de hueso que se extiende a través de los márgenes superiores de ambas órbitas, incorporando una región de glabella prominente en la línea media [5]. **Variable y puntos craneométricos:** se comprobará visualmente sobre la imagen o fotografía con dibujo del contorno del torus supraorbital del ejemplar en norma anterior (figura 13).



<p>Figura 13. Definición de los puntos craneométricos</p>	<p>Recursos</p> <p>Soporte físico o digital Medición y equipo de medición</p>	<p>Figura 14. Evolución en el tiempo del carácter CW25. Posible tendencia evolutiva</p>
	<p>Fotografía y dibujo en papel u ordenador</p> <p>Trazo marcado sobre torus supraorbital en fotografía en papel. Visual comparativa</p>	

Tabla 10. Clasificación y estados del carácter SG59.

DÉBIL	INTERMEDIA	COMO TORUS
Estado 0	Estado 1	Estado 2

Contorno supraorbital (CW26)

Arco superciliar: reborde óseo muy marcado y saliente del hueso frontal, situado encima de las órbitas de los ojos [4]. **Variable y puntos craneométricos:** el alumno asignará el estado de cada ejemplar al compararlo (según contornos dibujados) con el resto de los ejemplares en norma anterior (figura 15).



Figura 15. Definición de los puntos craneométricos 	Recursos		Figura 16. Evolución en el tiempo del carácter CW26. Posible tendencia evolutiva 
	Soporte físico o digital	Medición y equipo de medición	
Fotografía y dibujo en papel u ordenador		Trazo marcado sobre contorno supraorbitario en fotografía en papel. Visual comparativa.	

Tabla 11. Clasificación y estados del carácter CW26.

ARQUEADO	VARIABLE	MENOS ARQUEADO
Estado 0	Estado 1	Estado 2

Inclinación del plano nugal (SG40)

Variable y puntos craneométricos: es el ángulo formado entre la línea formada entre el inion y el opistion con respecto al plano de Frankfurt en norma lateral [2] (figura 17).



Figura 17. Definición de los puntos craneométricos 	Recursos		Figura 18. Evolución en el tiempo del carácter SG40. Posible tendencia evolutiva 
	Soporte físico o digital	Medición y equipo de medición	
Fotografía en papel u ordenador		Trazos o puntos craneométricos sobre fotografía en papel. Regla y transportador de ángulos analógico o digital.	

Tabla 12. Clasificación y estados del carácter SG40.

ARQUEADO	VARIABLE	MENOS ARQUEADO
Estado 0	Estado 1	Estado 2
> 60°	< 60° y ≤ 41°	≤ 40°

Capacidad craneal (SG16)

Capacidad craneal: volumen del neurocráneo, generalmente medido en cm³ [4]. **Variable y puntos craneométricos:** se facilitará a los alumnos los volúmenes encefálicos de los O.T.U. o ejemplares de manera que puedan asignar y clasificar los distintos estados visualizándose en norma lateral (figura 19).

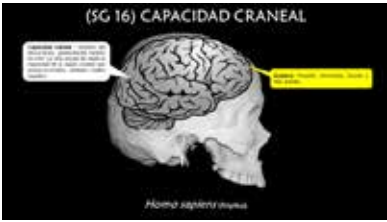

Figura 19. Definición de los puntos craneométricos 	Recursos		Figura 20. Evolución en el tiempo del carácter SG16. Posible tendencia evolutiva 
	Soporte físico digital	Medición y equipo de medición	
Volúmenes encefálicos por especie o ejemplar		Asociación del volumen encefálico a estados del carácter.	

Tabla 13. Clasificación y estados del carácter SG16.

PEQUEÑA	INTERMEDIA	GRANDE	MUY GRANDE
Estado 0	Estado 1	Estado 2	Estado 3
< 550	> 550 y < 750	> 750 y < 950	> 950

Análisis cladístico y estudio de los resultados

Obtención y análisis de la matriz de datos (figura 21)

Tras el anterior análisis de caracteres, se crea la matriz de datos que resume los estados de los caracteres por cada ejemplar. Se ha utilizado el software PAST (PAleontological Statistics: Estadísticas Paleontológicas) versión 2.17, de muy fácil uso [7].

Obtención de los cladogramas o árboles

Una vez introducidos los datos en el citado software, se realiza la búsqueda de cladogramas, o árboles cladísticos, más parsimoniosos (dadas distintas soluciones, la más económica en términos evolutivos es la preferible). De todos ellos, en la figura 22 se muestra y analiza sólo el árbol de consenso estricto, que es aquel que combina en un árbol aquellos componentes que aparecen repetidos en todos los árboles originales.

	Prognatismo facial	Constitución postorbita	Forma de la arcada dental	Posición del foramen magnum	Caninos reducidos	Espesor relativo del esmalte	Expresión supraorbita	Contorno supraorbita	Inclinación del plano nasal	Capacidad craneal
<i>Pan troglodytes</i>	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0
TM266-01-060	0	0	0	1	1	0	2	2	1	0
ARA-VP-6/500	0	0	0	1	1	0	2	2	1	0
AL 444-2	0	1	0	1	1	1	2	2	1	0
STS 5	0	1	1	1	1	1	1	1	2	0
SK 48	1	0	1	2	2	2	2	0	2	0
OH 5	1	0	1	2	2	2	2	1	2	0
KMN ER 1813	1	1	1	1	1	1	2	0	2	1
KNM ER 1470	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2
KNM WT 1500	2	1	1	1	2	1	2	0	2	2
<i>Homo sapiens</i>	2	2	1	1	2	1	0	0	2	3

Figura 21. Matriz de datos obtenida.

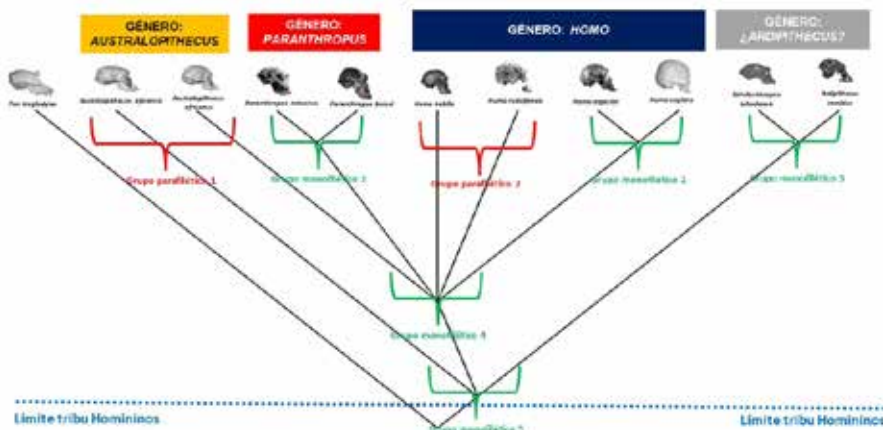


Figura 22. Cladograma o árbol de consenso estricto y los géneros de las especies analizadas.

Interpretación taxonómica del cladograma o árbol

Partiendo del cladograma resultante y superponiendo los nombres de las especies a las O.T.U. (sigladas), se observa si los resultados son acordes con las clasificaciones a niveles taxonómicos de género y tribu:

a) Grupo parafilético 1 compuesto por AL 444-2 (*Au. Afarensis*) y Sts 5 (*Au. Africanus*).

Género *Australopithecus*: Existe prácticamente consenso científico en que este género está mal definido acorde a la cladística, estando de momento no resuelta su parafilia (incluye al ancestro común de sus miembros, pero no a todos los descendientes de este) [6]. Es decir, el género *Australopithecus* obedece más a un concepto de grado (esquema de organización corporal compartido) que de clado (grupo descendiente de un único antepasado común), dados los numerosos análisis cladísticos a los que se han sometido las especies de este género. Los resultados aquí obtenidos son consistentes con dicha opción.

b) Grupo monofilético 1 compuesto por OH5 (*P. boisei*) y SK 48 (*P. robustus*).

Género *Paranthropus*: Entre todos los géneros del Plioceno, *Paranthropus* es el que se muestra más consistente como grupo monofilético como algo generalizado [6]. Por lo tanto, y según este cladograma, el género *Paranthropus* estaría bien definido. Los resultados aquí obtenidos son consistentes con dicha opción.

c) Grupo parafilético 2 compuesto por KNM ER 1813 (*H. habilis*) y KNM ER 1470 (*H. rudolfensis*).

Género *Homo*: En la actualidad muchos son los científicos que consideran que las especies *H. habilis* y *H. rudolfensis* deben ser excluidas de este género [8, 9] dada su parafilia, entre otros motivos. Esta opción es consistente con nuestro resultado.

d) Grupo monofilético 2 compuesto por KNM WT 15000 (*H. ergaster*) y *H. sapiens*

Género *Homo*: Muchos autores consideran que las especies de *Homo* a partir de *H. ergaster* sí resultan monofiléticas en muchos de los cladogramas realizados [6]. Esto también es consistente con el grupo monofilético 2 resultante. Por lo tanto, y según este cladograma, el género *Homo* no estaría bien definido, debiéndose excluir a *H. habilis* y *H. rudolfensis* del mismo.

e) Grupo monofilético 3 compuesto por TM 266-060-1 (*S. tchadensis*) y ARA-V-6-6/500 (*Ar. ramidus*).

Géneros *Ardipithecus/Sahelanthropus*: La mayoría de los cladogramas consultados muestran a *Ar. ramidus* y a *S. tchadensis* como grupos parafiléticos. Aquí, los resultados no muestran esto. Ahora bien, muchos autores [6, 10] consideran que la decisión más parsimoniosa para todas las especies homininas basales (*Sahelanthropus*, *Orrorin* y *Ardipithecus*) es mantenerlas bajo el mismo género, siendo *Ardipithecus* el género propuesto. Por lo tanto, según estos autores y el cladograma resultante estas especies deberían agruparse bajo el género *Ardipithecus*. Otra hipótesis que se puede deducir de este grupo monofilético es que ambas especies sean el grupo basal del resto de homininos aquí analizados.

f) Grupo monofilético 5 compuesto por AL-442 (*Au. afarensis*), Sts 5 (*Au. Africanus*), OH5 (*P. boisei*), SK 48 (*P. robustus*), KNM ER 1813 (*H. habilis*), KNM ER 1470 (*H. rudolfensis*), KNM WT 15000 (*H. ergaster*), *H. sapiens*, TM 266-060-1 (*S. tchadensis*) y ARA-V-6-6/500 (*Ar. ramidus*).

Tribu Hominini (Homininos): Aunque a la espera de un mayor registro fósil, existe gran consenso científico en considerar a las dos especies basales de los homininos incluidas en este trabajo, *S. tchadensis* y *Ar. ramidus*, como miembros de dicho linaje. En este trabajo se ha llegado a la misma conclusión al quedar fuera del grupo monofilético 5 la especie *Pan troglodytes*, hoy considerada la especie actual más emparentada con la nuestra [11]. Asimismo, se constata que los dos caracteres propios del grupo homininos (bipedismo y reducción de caninos) están identificados como sinapomórficos o caracteres derivados compartidos (para el grupo monofilético 5) en dos de los caracteres aquí analizados: SG41, posición del foramen magnum con respecto a la línea timpánica (implicaría capacidad de bipedismo) y SG51, caninos reducidos. Por ello podemos trazar fácilmente la línea del nivel taxonómico de tribu homininos coincidente con el grupo monofilético 5 (figura 22).

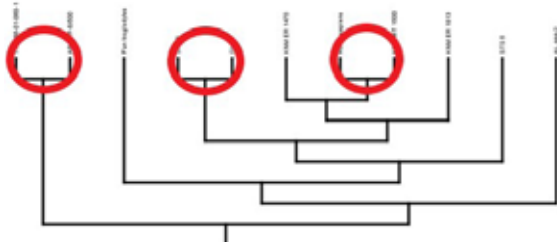
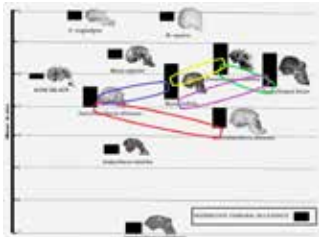
Construcción de hipotéticos árboles filogenéticos

La cladística ortodoxa no contempla las relaciones ancestro-descendiente, ya que los cladogramas ni buscan ni ofrecen tales relaciones; asimismo, las relaciones ancestro-descendiente no son refutables según la filosofía de la ciencia de Karl Popper, por lo tanto no sería una hipótesis científica [12]. No obstante, aquí intentamos hacer unas aproximaciones a los posibles árboles filogenéticos desde el cladograma resultante.

Criterios para realizar relaciones ancestro-descendiente

Para transformar un cladograma en un árbol filogenético, lo primero es contar con las distribuciones temporales de las especies a comparar [5]. En la **tabla 7** se exponen los criterios para realizar hipótesis de relaciones ancestro-descendiente:

Tabla 7. Criterios para obtener posibles relaciones ancestro-descendiente partiendo del cladograma.

CRITERIOS POR ORDEN DE IMPORTANCIA	REPRESENTACIÓN GRÁFICA																														
<p>1. GRUPOS HERMANOS Que ambas O.T.U. o especies formen un grupo hermano en el cladograma resultante. Figura 23 Cuando dos taxones forman juntos un taxón monofilético, o sea completo, se llaman grupo hermano el uno respecto al otro.</p>	 <p>Figura 23. Grupos hermanos en cladograma.</p>																														
<p>2. AUSENCIA DE ESTADOS DERIVADOS Que el candidato a ser ancestro carezca de autopomorfías o estados derivados de los caracteres que comparte con el supuesto descendiente. Figura 24. Apomorfía exclusiva de un taxón. Por extensión apomorfía compartida únicamente por un grupo supra específico.</p>	<table border="1" data-bbox="667 936 1385 1086"> <thead> <tr> <th></th> <th>Temporales Dada!</th> <th>Compartición puntual</th> <th>Forma de la nariz dorsal</th> <th>Posición del foramen magnum</th> <th>Estado relativo</th> <th>Forma relativa del cráneo</th> <th>Estado correspondiente</th> <th>Indicación del primer nivel</th> <th>Capacidad craneal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Supuesto Ancestro</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Supuesto Descendiente</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Figura 24. Ausencia de autopomorfías en supuesto ancestro.</p>		Temporales Dada!	Compartición puntual	Forma de la nariz dorsal	Posición del foramen magnum	Estado relativo	Forma relativa del cráneo	Estado correspondiente	Indicación del primer nivel	Capacidad craneal	Supuesto Ancestro	1	0	1	2	2	2	0	2	0	Supuesto Descendiente	1	0	1	2	2	2	1	2	0
	Temporales Dada!	Compartición puntual	Forma de la nariz dorsal	Posición del foramen magnum	Estado relativo	Forma relativa del cráneo	Estado correspondiente	Indicación del primer nivel	Capacidad craneal																						
Supuesto Ancestro	1	0	1	2	2	2	0	2	0																						
Supuesto Descendiente	1	0	1	2	2	2	1	2	0																						
<p>3. SUCESIÓN CRONOLÓGICA Que exista sucesión o coexistencia cronológica entre ambas O.T.U. o especies, siendo la supuestamente ancestral de cronología anterior a la descendiente. Figura 25.</p>	 <p>Figura 25. Sucesiones cronológicas de las especies del taller.</p>																														

Una vez que el grupo monofilético elegido (dos o más especies) para analizar relaciones ancestro-descendiente haya sido sometido a los criterios anteriormente descritos, deben evaluarse las distintas hipótesis según el esquema mostrado en la **figura 26**.

Posibles relaciones ancestro-descendiente según el cladograma elegido

Para la presente publicación sólo se analiza la siguiente posible compatibilidad ancestro-descendiente, dejando al criterio del profesor la búsqueda de otras.

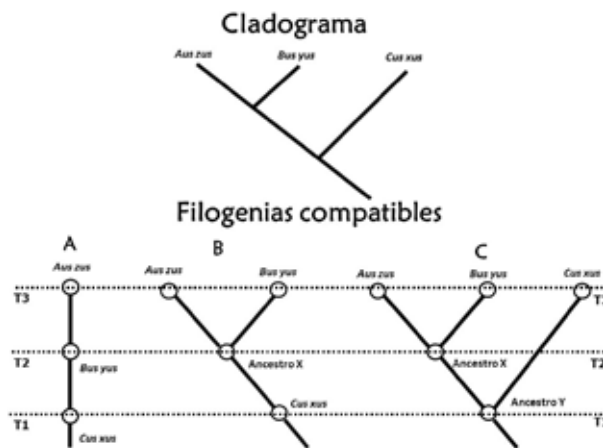


Figura 26. Algunas filogenias compatibles con el cladograma. Adaptación de [14].

Grupo monofilético: SK48 (*Paranthropus robustus*) y OH5 (*Paranthropus boisei*)

Criterio 1 (grupos hermanos): CUMPLE porque ambas especies conformarían un grupo hermano o monofilético. Es decir, sí son especies susceptibles de ser ancestro y descendiente.

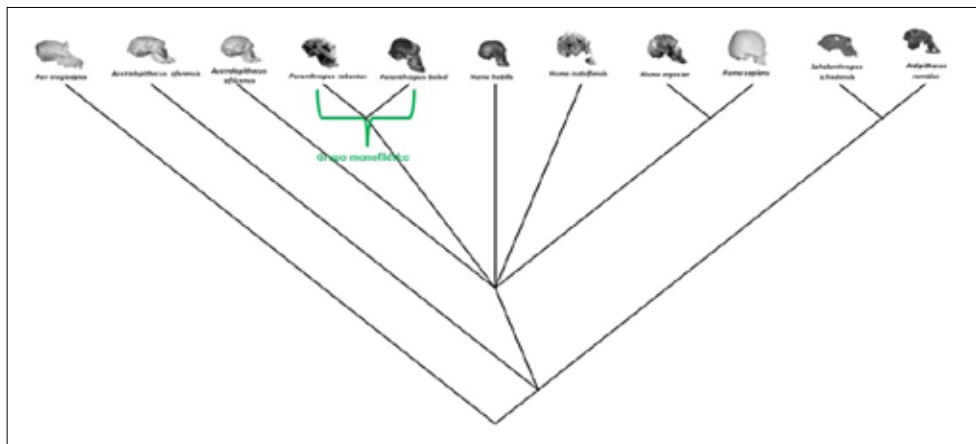


Figura 27. Cladograma elegido mostrando el grupo hermano a analizar como posibles ancestro-descendiente

Criterio 2 (ausencia de estados derivados): NO CUMPLE porque la matriz de caracteres muestra que *P. boisei* (supuesto ancestro por tener una cronología inferior) tiene un estado autopomórfico o derivado del carácter "contorno supraorbital" con respecto a *P. robustus* (supuesto descendiente). Es decir, siendo ortodoxos con la cladística, este criterio no cumple la relación ancestro-descendiente.

	Prognatismo facial	Constricción postorbital	Forma de la arcada dental	Posición del foramen magnum	Cantinas reducidas	Espesor relativo del esmalte	Expansión supraorbital	Contorno supraorbital	Inclinación del plano nasal	Capacidad craneal
<i>Paranthropus robustus</i>	1	0	1	2	2	2	2	0	2	0
<i>Paranthropus boisei</i>	1	0	1	2	2	2	2	1	2	0

Figura 28. Detalle de la matriz de caracteres entre *P. robustus* y *P. boisei* mostrando estado del carácter "contorno supraorbital" más derivado o autopomórfico [2] del supuesto ancestro *P. boisei*.

Criterio 3 (sucesión cronológica): CUMPLE porque *P. boisei* (2,3-1,3 m.a.), algo más antiguo, podría ser ancestro directo de *P. robustus* (2-1 m.a.), más reciente. Este criterio sí lo cumplen.

Dos de los tres criterios expuestos (1 y 3) muestran compatibilidad con que *P. boisei* sea ancestro de *P. robustus*, mientras que el criterio 2 (siendo estrictos con la cladística moderna) lo descartaría. Ahora bien, si finalmente damos por válida esta posible relación ancestro-descendiente, debemos analizar las hipótesis (A, B y C) mostradas en la figura 29.

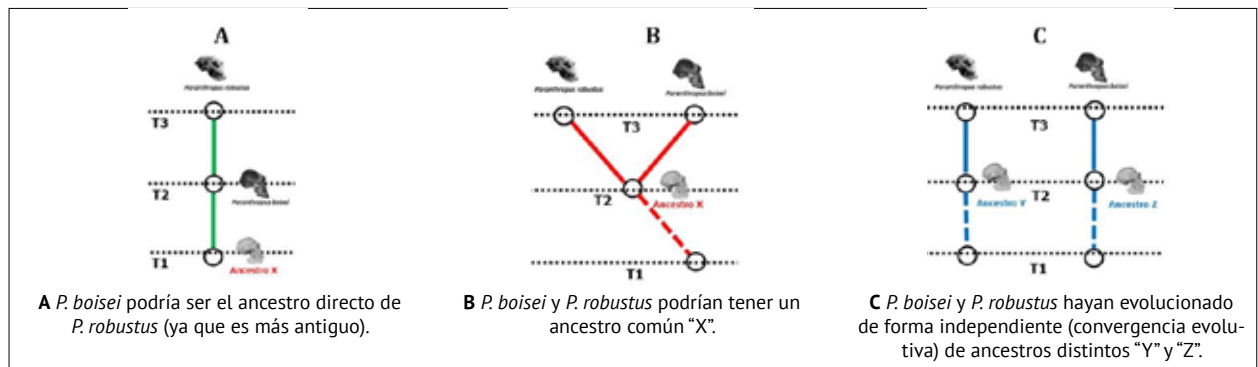


Figura 29. Hipótesis alternativas relación ancestro-descendiente entre *P. robustus* y *P. boisei*. T1 a T3 escalas de tiempos relativos.

Con la publicación de *P. aethiopicus* (2,66-2,3 m.a.) hay gran consenso a considerarlo como la ancestral de *P. robustus* y *P. boisei*, compatible con nuestra hipótesis B.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

El taller es muy extenso y ambicioso en cuanto a su realización completa; el profesor deberá ajustar la elección de los apartados según tiempo, nivel y objetivos curriculares. Si bien existe una trazabilidad a lo largo del mismo, este se puede desarrollar parcial e independientemente en cualquiera de los principales apartados: 1) mediciones craneofaciales con interpretación de caracteres y tendencias evolutivas; 2) análisis cladístico, y 3) construcción de filogenias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] STRAIT, D.S., et al. (1997) A reappraisal of early hominid phylogeny. *Journal Human Evolution* (32): 17-82.
- [2] STRAIT, D.S. & GRINE, F.S. (2004) Inferring hominoid and early hominid phylogeny using craniodental characters: the role of fossil taxa. *Journal of Human Evolution* (47): 399-452.
- [3] ARMENDÁRIZ, A. (2022) ¿Cómo y cuánto hemos cambiado!: Construyendo nuestra genealogía. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 9: 5-35. Sección Au., Mus. y Colecc.
- [4] BERMÚDEZ DE CASTRO, J.M. et al. (2004) *Hijos de un tiempo perdido*. Crítica. S.L. Barcelona
- [5] AIELLO, L. & DEAN, C. (1990) *An Introduction to Human Evolutionary Anatomy*. Academic Press. San Diego.
- [6] CELA, C.J. & AYALA, F.J. (2013) *Evolución humana. El camino hacia nuestra especie*. Alianza Editorial S.A. Madrid.
- [7] HAMMER, Ø., et al. (2001) PAST: *Paleontological statistics software package for education and data analysis*. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- [8] COLLARD, M., & WOOD, B. (1999) The Human Genus. *Science* (284): 65-71.
- [9] ROSAS, A. (2016) *La Evolución del género "Homo"*. Colección: ¿Qué sabemos de?, C.S.I.C. Los Libros de la Catarata. Madrid.
- [10] HAILE-SELASSIE, Y., SUWA G. & WHITE, T.D. (2004) Late Miocene Teeth from Middle Awash, Ethiopia, and Early Hominid Dental Evolution. *Science* (303): 1503-1505.
- [11] MANN, A. & WEISS, M. (1996) Hominoid Phylogeny and Taxonomy: A Consideration of the Molecular and Fossil Evidence in an Historical Perspective. *Molecular Phylogenetics and Evolution* (5): 169-181.
- [12] AGUSTÍ, J. (2003) *Fósiles, Genes y Teorías: Diccionario heterodoxo de la evolución*. Ed. Tusquets Editores. Barcelona.
- [13] ARNEDO, M.A. (1999) Cladismo: La Reconstrucción filogenética basada en parsimonia. *Evolución y Filogenia de Arthropoda. Bol. S.E.A.* (26): 57-84.

SIMULACIÓN EN EL AULA DE UNA SESIÓN CLÍNICA DE CÁNCER FAMILIAR

Juan Miguel Baquero López

Colegio Jesús María Juan Bravo. Madrid (Madrid).

Dirección de correspondencia: baquerojm@outlook.es

Palabras clave: aprendizaje basado en simulaciones; consejo genético; cáncer familiar; educación secundaria.

Keywords: role-playing; genetic counselling; familial cancer; secondary education.

Resumen

Esta propuesta de innovación didáctica se basa en la simulación de situaciones reales para la enseñanza de las enfermedades genéticas hereditarias en la asignatura de Biología y Geología de 4.º de la ESO. En particular, se ha elaborado una actividad cooperativa consistente en la recreación en el aula de una sesión clínica de consejo genético de cáncer familiar, donde se analizan familias adaptadas de casos reales. Los estudiantes deben consensuar las medidas de actuación para cada familia en base a los criterios diagnósticos que siguen actualmente los genetistas. La actividad se implementó recibiendo una excelente acogida.

Abstract

This didactic innovation proposal relies on the simulation of real-life situations for the teaching of hereditary genetic diseases in the subject of Biology and Geology in the 4th year of ESO. In particular, a cooperative activity was developed consisting of the recreation in the classroom of a clinical session of genetic counseling for familial cancer, where families adapted from actual cases are analyzed. Students must agree on the performance measures for each family based on the diagnostic criteria currently followed by geneticists. The activity achieved an excellent acceptance.

INTRODUCCIÓN

La adquisición de conocimientos básicos de genética resulta fundamental para lograr la alfabetización científica de los estudiantes de Educación Secundaria, dados los abundantes contextos sociales en los que esta ciencia se encuentra involucrada [1]. En particular, la comprensión de la genética es necesaria para capacitar a los alumnos en la toma de decisiones razonadas sobre cuestiones de salud, en las cuales el componente genético ejerce un papel fundamental [2]. En consecuencia, los conocimientos de genética son de vital importancia para garantizar una adecuada promoción de la salud entre el alumnado. Sin embargo, la enseñanza de los contenidos de genética constituye un reto para los docentes de esta etapa educativa [3]. Diversos factores, como el alto grado de abstracción conceptual que la genética requiere para su comprensión, el componente matemático de los problemas de genética mendeliana o su vocabulario específico, dificultan su correcto aprendizaje [4].

A pesar de que la genética pueda resultar complicada de enseñar, a su vez es una de las áreas de la Biología con mayor potencial de captar la motivación del alumnado debido a las numerosas aplicaciones prácticas en la vida real: desde los alimentos transgénicos, pasando por las pruebas genéticas, a las enfermedades hereditarias [1]. Por lo tanto, al enlazar los conocimientos adquiridos con cuestiones de la vida real se incrementa el interés de los alumnos por el estudio de la genética [5]. Esta visión constructivista ha ganado impulso en las últimas décadas en la comunidad educativa, apostando por metodologías activas de enseñanza que asignan a los estudiantes el papel protagonista en el proceso de enseñanza-aprendizaje [6]. En este sentido, han surgido estrategias pedagógicas muy diversas, en las que el alumno es el descubridor directo de los nuevos aprendizajes, en lugar de adquirirlos pasivamente desde el profesor [7]. En consecuencia, se favorece un

aprendizaje significativo más profundo y duradero, al lograr que los estudiantes se impliquen en actividades que los llevan a razonar, debatir y reflexionar durante el proceso de enseñanza [8]. Sin embargo, para la enseñanza de la genética en Educación Secundaria todavía suele apostarse por un modelo tradicional, según se observa en gran parte de los docentes y se refleja en los materiales publicados [1].

Entre las metodologías activas con mayor potencial para la enseñanza de la genética se encuentra el aprendizaje mediante simulación de situaciones reales. Esta estrategia pedagógica se fundamenta en utilizar los entornos de aprendizaje para recrear situaciones o experiencias reales, generalmente propias de determinados entornos laborales, con el objetivo de llevar a cabo un aprendizaje completamente interactivo, formando y entrenando a los estudiantes o futuros profesionales [9]. En consecuencia, este enfoque pedagógico facilita el desarrollo del pensamiento crítico y la adquisición de competencias interpersonales, como la cooperación en la toma de decisiones [10]. No obstante, la enseñanza basada en simulaciones suele implicar un alto grado de especialización o lleva asociadas ciertas necesidades logísticas para recrear fidedignamente determinados entornos, por lo que se utiliza mayoritariamente en entornos de profesionalización, siendo su implementación en la Educación Secundaria muy limitada [7]. El presente proyecto de innovación didáctica surge con el objetivo de paliar este déficit y aprovechar las ventajas propias de esta metodología para la enseñanza de contenidos de genética propios de la asignatura de Biología y Geología de 4.º de la ESO. En concreto, se aborda la enseñanza de las enfermedades genéticas hereditarias mediante la recreación en clase de una sesión clínica de cáncer familiar, donde los estudiantes representan el papel de expertos genetistas.

ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

El trabajo previo a la realización de la actividad consistió principalmente en la elaboración de una serie de casos de estudio para ser analizados durante la recreación de la sesión clínica. Con el objetivo de que la simulación resultase lo más verosímil posible, los casos incluidos en el proyecto están basados en familias estudiadas en una consulta de cáncer familiar, modificando toda la información de carácter personal; es decir, todos los datos personales facilitados son de invención propia (aunque para captar la motivación de los estudiantes, se les notificó que trabajarían con datos confidenciales). En total, se elaboraron 8 familias y para cada una de ellas se incluyó la siguiente información:

- **Historia familiar:** se exponen los antecedentes personales y familiares que se recaban durante la consulta de consejo genético. Entre otros datos, se informa de los casos de cáncer presentes y pasados en la familia, edad de aparición de los mismos, fallecimientos, etc. Además, las historias familiares incluyen datos irrelevantes para que los estudiantes sepan discriminar la información clave de hechos superficiales.
- **Decisión clínica:** se informa si la familia evaluada cumplía criterios diagnósticos para llevar a cabo en ella un determinado estudio genético y, en caso afirmativo, qué panel de genes se analizó.
- **Diagnóstico:** en las familias donde se cumplen criterios para realizar el estudio genético se incluye el resultado del mismo, es decir, se informa si el caso índice de la familia evaluado ha resultado o no portador de una determinada mutación deletérea en alguno de los genes secuenciados.
- **Evolución posterior del caso:** para que el alumnado comprenda las importantes implicaciones derivadas de los estudios genéticos, la resolución de cada caso se complementa con información relativa a la evolución del paciente, la ampliación del estudio a otros familiares, medidas profilácticas o tratamientos implementados a raíz del estudio genético, etc.

Para evitar una excesiva complejidad en el análisis de las familias durante las sesiones clínicas, los casos incluidos se limitaban a los cánceres hereditarios más comunes, por lo que las familias estudiadas representan casos del síndrome de cáncer de mama y ovario hereditario, o bien del síndrome de Lynch o cáncer colorrectal hereditario no polipósico. En total, se elaboraron 8 casos de estudio, siendo estos muy heterogéneos entre sí, con la intención de mostrar la diversidad de situaciones presente en una consulta genética real. Los criterios diagnósticos que presenta cada familia son distintos y, en algunos casos, la realización del estudio genético no se encuentra justificada al no alcanzarse el mínimo de criterios. Por otro lado, también se presentan casos donde, a pesar de cumplir criterios diagnósticos, el estudio genético resultó negativo (no se identificó ninguna mutación deletérea en los genes estudiados).

A partir de la historia familiar aportada para cada caso, los grupos de alumnos debían identificar el tipo de cáncer hereditario del que podía tratarse y determinar si se cumplían criterios mínimos para proceder a la realización de un estudio genético. Como documento de apoyo, a cada grupo se le entregó una ficha donde se enumeraban los criterios diagnósticos en los que debían fundamentar sus decisiones, incluida aquí como tabla 1. Dichos criterios se han elaborado adaptando las guías clínicas elaboradas por la Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM) para el estudio del cáncer de mama y ovario hereditario [11] y el Síndrome de Lynch [12]. De esta forma, los estudiantes seguirían los criterios reales utilizados por los profesionales sanitarios en la selección de las familias candidatas a someterse a los estudios genéticos de cáncer familiar:

Tabla 1. Criterios diagnósticos para los principales cánceres hereditarios adaptados de las guías clínicas de la SEOM [11, 12].

Estudio de cáncer de mama y ovario hereditario
<p>A) Con independencia de la historia familiar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mujer con cáncer de mama y ovario a la vez • Cáncer de mama a una edad de 40 años o menos • Cáncer de mama del tipo triple negativo con 60 años o menos • Cáncer de mama bilateral y el primero de los casos diagnosticado antes de los 50 años
<p>B) Familias con 2 o más parientes de primer grado con cualquiera de estas combinaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cáncer de mama bilateral y otro caso de cáncer de mama con menos de 60 años • Cáncer de mama con menos de 50 años y cáncer de próstata con menos de 60 años • Cáncer de mama y cáncer de ovario • Cáncer de mama en varón y cualquier otro cáncer en la familia • Dos casos de cáncer de mama diagnosticados antes de los 50 años
<p>C) 3 o más miembros de la familia con cáncer de mama y/o cáncer de ovario, cáncer de páncreas, y/o cáncer de próstata.</p>
Estudio de cáncer colorrectal hereditario no polipósico (Síndrome de Lynch)
<ul style="list-style-type: none"> • Al menos tres familiares con algún cáncer relacionado con el síndrome de Lynch: colon, recto, endometrio, ovario, estómago, intestino delgado, etc. • Uno de los 3 afectados es pariente de primer grado de los otros dos. • Al menos dos generaciones sucesivas están afectadas. • El cáncer se presentó en al menos uno de estos familiares antes de los 50 años de edad.

IMPLEMENTACIÓN DE LA ACTIVIDAD EN EL AULA Y EJEMPLO DE CASO DE ESTUDIO

La presente actividad se ha diseñado para ser llevada a cabo en el aula durante una hora lectiva. Dada la relevancia social del cáncer, se ha elegido esta compleja enfermedad como ejemplo para profundizar en el estudio de las enfermedades genéticas. En consecuencia, para el desarrollo satisfactorio de la actividad es necesario que el alumnado haya adquirido con antelación conocimientos relativos a las leyes de la herencia, el concepto de mutación, las enfermedades genéticas y la interpretación de genealogías. Por consiguiente, se consideró que la actividad podría resultar idónea para afianzar estos conocimientos, por lo que se situó temporalmente en la clase correspondiente al cierre del bloque de los contenidos de genética. El desarrollo de la actividad se detalla a continuación y se resume en la **figura 1**.

Los primeros 15 minutos de la clase se invirtieron en realizar una breve introducción para que después la sesión clínica transcurriese de la manera más fluida posible. Apoyándose en una presentación de PowerPoint, se repasaron los siguientes contenidos:



Figura 1. Esquema sobre el desarrollo de la simulación de una sesión clínica de cáncer familiar.

1. El cáncer como enfermedad genética: no se debe perder de vista la base genética detrás del cáncer, el cual tiene lugar siempre como consecuencia de mutaciones en determinados genes.
2. El cáncer como consecuencia de la acumulación de mutaciones: es importante que los alumnos entiendan que el cáncer se suele desencadenar tras la acumulación a lo largo de la vida de múltiples mutaciones que afectan a varios genes. Sin embargo, también es clave que comprendan que algunas personas nacen con un mayor riesgo relativo de sufrir cáncer porque tienen mutaciones germinales; es decir, en esos casos habría un componente hereditario, mientras que en la mayoría de las ocasiones el cáncer es un proceso esporádico.
3. El origen de las mutaciones: debe quedar clara la diferencia entre mutaciones somáticas y germinales. Estas últimas son las que se asocian al cáncer hereditario. Además, se debe mencionar que la manera de asegurarse de qué tipo de mutación se trata en cada caso, es mediante el estudio de un tejido sano, generalmente la sangre.
4. Tipos de cáncer hereditario: se introducen los tipos de cáncer en los que hay una mayor presencia de casos con componente hereditario. Además, se debe puntualizar que otras enfermedades genéticas, como el síndrome de Down, también se asocian a un elevado riesgo de cáncer.
5. La necesidad de la identificación de los casos de cáncer hereditario: es fundamental que los estudiantes comprendan el porqué de llevar a cabo este tipo de estudios en las familias donde hay sospechas de cáncer hereditario. Deben comprender la importancia de la identificación de las familias portadoras de mutaciones, principalmente en relación a la aplicación de medidas profilácticas y el seguimiento personalizado de los portadores.
6. El árbol genealógico: para poder realizar la práctica adecuadamente es oportuno recordar la simbología básica utilizada en los árboles genealógicos, ya que los grupos de alumnos deberán dibujar las genealogías de las familias que analicen.
7. Los criterios diagnósticos: es necesario que los alumnos comprendan cómo se lleva a cabo el estudio de las genealogías para determinar qué familias son candidatas a someterse a estudios genéticos. Para ello, se deben presentar los principales criterios diagnósticos utilizados en la práctica clínica para diagnosticar a los casos de cáncer familiar (véase la tabla 1).
8. La consulta de cáncer familiar: para despertar el interés de los alumnos se detalla el desarrollo de una visita a la consulta de cáncer familiar o consejo genético, en la que se elabora el árbol genealógico y se toma una muestra de sangre del paciente.
9. Sesión clínica y estudio genético: es interesante explicar el proceso que se desarrolla desde la primera visita del paciente a la consulta de consejo genético hasta que éste vuelve a ser citado para recibir su informe de resultados. En particular, se debe mencionar cómo transcurre la sesión clínica de cáncer familiar; en la que se valoran las familias candidatas y se deciden los estudios genéticos que se llevarán a cabo posteriormente.
10. Valoración de los resultados que se pueden encontrar tras un estudio genético: positivo o negativo en función de que se detecte o no alguna mutación en los genes analizados. Se debe incidir en que un resultado negativo no indica que se descarte que haya una mutación en la familia, solamente que no se encontraría en los genes estudiados.

Tras la explicación inicial, los estudiantes se agruparon en equipos de trabajo de 4 alumnos que constituían sesiones clínicas independientes. A cada grupo se le entregó una copia de los criterios diagnósticos (tabla 1) en los que debían basar la evaluación de los casos de estudio. Una vez distribuido el material de apoyo, comienza la simulación de la sesión clínica. Dadas las limitaciones de espacio, se incluye a modo de ejemplo uno de los casos de estudio propuestos. En primer lugar, se presenta a un determinado paciente que acudió a una consulta de cáncer familiar donde relató su situación personal y los antecedentes familiares:

Manuela es una señora de 70 años que padece cáncer de mama. Hablando con su oncólogo, le comenta que recuerda casos de cáncer en su familia y éste decide derivarla a la consulta de cáncer familiar, donde Manuela relata su historia familiar: no tiene hijos, tiene un hermano mayor y dos hermanas pequeñas, todos sanos. Su madre murió de cáncer de mama a los 56 años y su padre falleció a los 82 por un ataque al corazón. Un tío paterno, que era fumador, falleció de cáncer de pulmón a los 72 años. Una tía materna tuvo cáncer de ovario sobre los 40 años, del cual se recuperó, aunque ya ha fallecido. También recuerda que su abuela materna murió de cáncer de páncreas joven.

A partir de esta información, los grupos de trabajo deben realizar la toma de decisiones propia de una sesión clínica real. Para que tengan presente en todo momento el objetivo perseguido, las historias clínicas se presentan junto a preguntas del siguiente tipo: ¿Se cumplen criterios diagnósticos? ¿Qué tipo de estudio genético se recomienda? Si se realizase un estudio, ¿por qué miembro de la familia debería comenzar? Como punto de partida, deben dibujar los árboles genealógicos incluyendo todos los datos facilitados. Se les otorgó un tiempo máximo de 5 minutos por caso analizado para que cada grupo establezca una pauta de actuación coherente y de manera consensuada. A continuación, se llevó a cabo una puesta en común para toda la clase, donde se resuelve el caso analizado: se presenta el árbol genealógico de la familia en cuestión y se detalla la decisión correcta a la que deberían haber llegado los alumnos como especialistas en el transcurso de una sesión clínica. En este sentido, se analizan los criterios diagnósticos presentes en la familia, en base a los cuales se debe realizar la toma de decisiones. La **figura 2** ilustra esta información para el caso utilizado previamente de ejemplo.

Finalmente, la resolución de cada caso se complementa con información sobre los resultados obtenidos en los estudios genéticos y el posterior seguimiento médico realizado con cada familia. Estos datos se incluyen para captar el interés y el compromiso del alumnado hacia la actividad y, principalmente, concienciarlo de la importancia de los estudios genéticos para la promoción de la salud. El caso utilizado de ejemplo incluiría la siguiente información:

A Manuela se le detectó una mutación deletérea en el gen BRCA1, asociado al cáncer de mama y ovario hereditario. Este hallazgo se tuvo en cuenta para establecer el tratamiento oncológico de Manuela. Además, se amplió el estudio genético en la familia, comenzando por sus hermanos. Esta segunda fase fue mucho más rápida, ya que ya no era necesario secuenciar un panel completo de genes de riesgo, solamente se analizaba la presencia de la mutación encontrada en Manuela. Afortunadamente, su hermano Antonio y su hermana Teresa resultaron ser no portadores. Sin embargo, se encontró que su otra hermana pequeña, Carmen, de 62 años, también era portadora de la mutación familiar. Los médicos están haciendo un seguimiento de Carmen y ampliando el estudio a sus hijas, Paula e Irene, quienes valoran someterse a una mastectomía profiláctica en el caso de haber heredado la mutación de su madre, así como realizar pruebas de diagnóstico genético preimplantacional para garantizar que sus futuros hijos no sean portadores de la mutación.

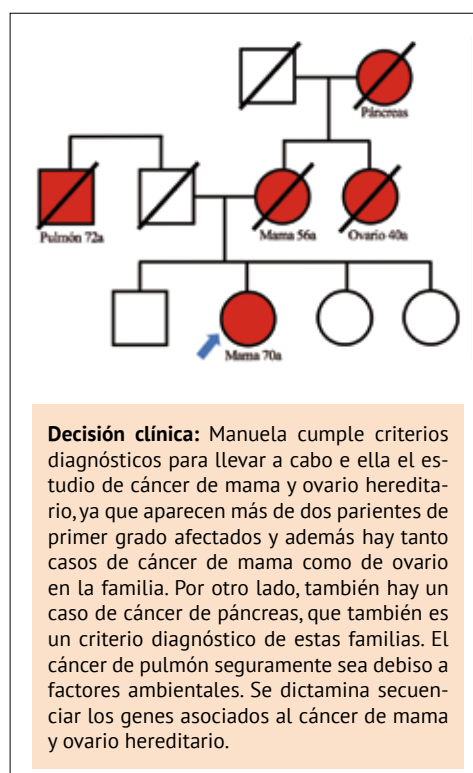


Figura 2. Ejemplo de familia evaluada en la sesión clínica de cáncer familiar: La flecha azul señala al miembro de la genealogía del que deriva el estudio (probando). Los casos de cáncer están coloreados de rojo, indicándose el tipo de cáncer, así como la edad de aparición cuando es conocida.

Por su parte, la labor del docente durante la simulación se focalizó en garantizar el desarrollo satisfactorio de la misma, asesorando a los grupos de trabajo, ayudando a resolver las posibles dudas y dirigiendo la puesta en común para la resolución de cada uno de los casos estudiados.

RESULTADOS PRELIMINARES

La actividad ha podido implementarse por vez primera en el curso 2021/2022 en dos clases de 4.º de la ESO, donde participaron un total de 46 alumnos. Debido a las dudas y curiosidades que fueron surgiendo durante el desarrollo de las sesiones, en uno de los grupos fue posible estudiar 5 familias, mientras que en el otro dio margen a presentar 7 casos diferentes. En términos generales, la actividad se desarrolló de manera satisfactoria en ambos grupos, percibiéndose un alto grado de interés y participación. No obstante, para alcanzar una mejor comprensión de las impresiones del alumnado, los estudiantes completaron una breve encuesta anónima sobre la actividad durante una sesión posterior, cuyos resultados se muestran en la tabla 2. A partir de las respuestas recibidas puede concluirse que la presente propuesta didáctica recibió una valoración muy positiva por parte del alumnado implicado: una amplia mayoría de los participantes (igual o superior al 80% en todos los casos) valora la actividad como interesante y entretenida, considera que les sirvió de ayuda para comprender los contenidos teóricos vistos previamente en clase, que los conocimientos adquiridos le resultan útiles para la vida real y se manifiesta a favor de realizar en clase más actividades con este formato.

Tabla 2. Valoración de la actividad por el alumnado (n=46).

	Si, estoy de acuerdo	No, opino lo contrario	No lo sé/no contesto
La actividad me ha resultado interesante y entretenida	91% (42)	9% (4)	-
La actividad me ha ayudado a entender mejor la teoría vista en clases anteriores	80% (37)	11% (5)	9% (4)
Los conocimientos que he aprendido me parecen útiles para la vida real	83% (38)	2% (1)	15% (7)
Me gustaría que hiciésemos en clase más actividades de este tipo	89% (41)	4% (2)	7% (3)

CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

Los diferentes patrones de herencia de las enfermedades hereditarias, la base genética del cáncer o saber diferenciar mutaciones germinales y somáticas, constituyen conocimientos fundamentales para realizar un razonamiento crítico ante posibles situaciones relacionadas con la genética a las que todos podemos enfrentarnos a lo largo de nuestras vidas [3]. En este proyecto de innovación didáctica se pone de manifiesto que la enseñanza mediante simulación puede representar una estrategia idónea para favorecer el aprendizaje de estos contenidos de genética entre el alumnado de Educación Secundaria. En particular, en este trabajo se ha observado que esta metodología de enseñanza ha llevado asociados los siguientes aspectos positivos:

- Traslada el aprendizaje a un entorno simulado donde se analizan situaciones reales, lo que ayuda a captar el interés y promueve la motivación del alumnado.
- Se potencia la promoción de la salud y se desarrolla el pensamiento crítico aplicado a la toma de decisiones en base a criterios sanitarios.
- Permite poner en práctica simultáneamente diversas metodologías activas, incluyendo el aprendizaje cooperativo, donde se favorece el desarrollo de habilidades sociales y valores cívicos.

- Se fomenta el desarrollo de vocaciones científicas entre el alumnado, al ejercer el papel de expertos genetistas y conocer por su propia experiencia el trabajo que en su día a día realizan los profesionales sanitarios.

Una vez mostrado que el aprendizaje mediante simulación resulta factible para la enseñanza de la genética en Biología y Geología de 4.º de la ESO, se contempla la posibilidad de aplicar esta metodología para la enseñanza de otros contenidos de dicha asignatura o trasladar esta estrategia a los diferentes cursos de la Educación Secundaria. En paralelo, la presente propuesta puede adaptarse para implementarse en la Biología de 2.º de Bachillerato, donde se profundiza en los contenidos de genética, posibilitando el desarrollo de la actividad con un mayor grado de complejidad y realismo.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece su colaboración al personal consultado del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO) y al Colegio Jesús María Juan Bravo por la libertad y facilidades otorgadas para implementar satisfactoriamente la presente propuesta didáctica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] IÑIGUEZ PORRAS, F.J., M. PUIGSERVER OLIVÁN, M. (2013) Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10 (3), 307–327.
- [2] KAMPOURAKIS, K., REYDON, T. A. C., PATRINOS, G. P., STRASSER, B. J. (2014) Genetics and society-educating scientifically literate citizens: Introduction to the thematic issue. *Science and Education* 23(2), 251-258.
- [3] ABRIL GALLEGO, A.M., MAYORAL MARTÍNEZ, M.V., MUELA GARCÍA, F.J. (2004) Los medios de comunicación social y la didáctica de la genética y la biología molecular en ESO. En *La nueva alfabetización: un reto para la educación del siglo XXI*. Jaén, Editorial Centro de Enseñanza Superior en Humanidades y Ciencias de la Educación Don Bosco, pp. 367–368.
- [4] AGEITOS, N., PUIG, B., CALVO-PEÑA, X. (2017) Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 86–97.
- [5] HASNI, A., POTVIN, P. (2015). Student's interest in science and technology and its relationships with teaching methods, family context and self-efficacy. *International Journal of Environmental and Science Education* 10(3), 337–366.
- [6] KONOPKA, C., ADAIME, M., MOSELE, P. (2015) Active teaching and learning methodologies: some considerations. *Creative Education* 6, 1536-1545.
- [7] ASUNCIÓN, S. (2019) Metodologías activas: herramientas para el empoderamiento docente. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes* 2.0 7(1), 65–80.
- [8] PRIETO MARTÍN, A. (2017) *Flipped learning: aplicar el modelo de aprendizaje inverso*. Madrid, Narcea Ediciones.
- [9] GABA, D.M. (2004) The future vision of simulation in health care. *Quality & Safety in Health Care* 13, 2–10.
- [10] ANGELINI, M.L., GARCÍA-CARBONELL, A. (2015) Percepciones sobre la integración de modelos pedagógicos en la formación del profesorado: la simulación y juego y el flipped classroom. *Education in the Knowledge Society* 16(2), 16–30.

- [11]** GONZÁLEZ-SANTIAGO, S., RAMÓN Y CAJAL, T., AGUIRRE, E., ALÉS-MARTÍNEZ, J.E., ANDRÉS, R., BALMAÑA, J., GRAÑA, B., HERRERO, A., LLORT, G., GONZÁLEZ DEL ALBA, A. (2020) SEOM clinical guidelines in hereditary breast and ovarian cancer (2019). *Clinical and Translational Oncology* 22 (2), 193–200.
- [12]** GUILLÉN-PONCE, C., LASTRA, E., LORENZO-LORENZO, I., MARTÍN GÓMEZ, T., MORALES CHAMORRO, R., SÁNCHEZ-HERAS, A.B., SERRANO, R., SORIANO RODRÍGUEZ, M.C., SOTO, J.L., ROBLES, L. (2020) SEOM clinical guideline on hereditary colorectal cancer (2019). *Clinical and Translational Oncology* 22(2), 201–212.

DE LA “RECETA DE COCINA” A LA INVESTIGACIÓN: CAMBIOS EN EL ROL DEL DOCENTE EN EL MARCO DEL APRENDIZAJE BASADO EN INDAGACIÓN

Beatriz Bravo,¹ David Bermúdez Rochas¹, Ana Isabel Mora Urda¹ y Noelia Sánchez²

¹ Universidad Autónoma de Madrid, Madrid (España).

² IES San Agustín de Guadalix, Madrid (España).

Dirección de correspondencia: gabriel.pinto@upm.es

Palabras clave: aprendizaje basado en indagación; formación de profesorado; educación primaria; destrezas científicas.

Keywords: inquiry-based learning; teacher training; primary education; scientific skills.

Resumen

La indagación ha sido reconocida como una de las principales prácticas científicas, sin embargo, la implementación del aprendizaje basado en indagación como metodología resulta compleja. Por ello, en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales se propone a 70 futuros maestros de Primaria una secuencia de aprendizaje donde profundizan en el diseño de estas actividades. Se busca identificar: a qué aspectos de una indagación prestan atención al crear sus actividades, cómo evolucionan en sus diseños y qué dificultades encuentran. Utilizando una rúbrica con características que ha de cumplir una actividad de indagación, los participantes evalúan su actividad inicial y final. Los resultados muestran que al inicio su desempeño es muy bajo, incrementándose notablemente al final.

Abstract

Scientific inquiry has been recognised as one of the main scientific practices, although the implementation of inquiry-based learning as a teaching methodology is complex. For this reason, in the subject of Science Education, a learning sequence is proposed to 70 preservice primary teachers focused on how to design inquiry activities. This work seeks to identify which aspects of an inquiry activity they consider when designing their own; how their designs evolve along the sequence, and which difficulties they encounter. Using a rubric on the characteristics that an inquiry activity should fulfil; the participants evaluate their initial and final activity. The results show that at the beginning students' performance is very low, but it increases remarkably at the end.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje basado en indagación (ABI) ha sido reconocido desde los años 90 como una metodología de enseñanza-aprendizaje eficaz no sólo para trabajar los conocimientos de ciencias, sino también para poner en práctica los procedimientos implicados en su construcción y validación [1]. Además, junto con la explicación de fenómenos científicos y la interpretación de datos, forma parte de las competencias necesarias para adquirir una adecuada alfabetización científica [2]. Trabajar por indagación también permite conectar al alumnado con una visión de la ciencia caracterizada por estar conectada con la realidad social del momento, viéndose modificada continuamente [3]. Esto hace que en las aulas donde se trabaja por indagación el estudiantado presente actitudes hacia las ciencias [4].

El ABI requiere que los alumnos participen activamente en la formulación de preguntas, la búsqueda de posibles alternativas, el diseño de experimentos, la recogida y análisis de datos, y la obtención y comunicación de conclusiones [5]. Sin embargo, esto no es un trabajo fácil ni para los estudiantes ni para el profesorado [6].

Ferrés et al. [7] y Ansón y Bravo-Torija [8] muestran que los alumnos presentan numerosas dificultades para, por ejemplo, plantear preguntas investigables o para respaldar sus conclusiones integrando resultados y teoría.

Alfieri et al. [9] señalan la importancia del papel del docente para que el ABI sea efectivo. Sobre todo, al promover que los estudiantes no se centren en la mera manipulación de los materiales, sino que deban pensar y razonar [1]. A lo largo de estos años han aparecido distintas propuestas sobre cómo clasificar las actividades de indagación. Vorholzer y von Aufschnaiter [10] apuntan a la existencia de un continuo desde las actividades de confirmación, donde el docente marca todos los pasos a seguir y los alumnos solo los ejecutan, hasta las indagaciones abiertas en las que los alumnos definen la pregunta a investigar y lideran el proceso, siempre bajo la monitorización del docente. Comenzar con actividades de indagación abierta en aulas donde el ABI nunca se ha implementado puede resultar complicado. Por ello, concordamos con Molebash et al. [11] en que al iniciar el trabajo por indagación es necesario comenzar con actividades de indagación dirigida hasta llegar a las indagaciones abiertas.

Con relación al profesorado, la bibliografía muestra que le resulta complejo implementar el ABI por distintos motivos, entre ellos su limitado conocimiento sobre las ciencias y cómo enseñarlas, su experiencia previa como alumno o la formación docente recibida [12]. En cuanto a los dos primeros, se encuentran íntimamente relacionados. Como muestran Forbes y David [13] muchos docentes consideran las ciencias como un constructo cerrado y verdadero, que ha de transmitirse de esta forma al alumnado, quien ha de recibirlo sin discutirlo. Esta forma de concebir las ciencias y su enseñanza viene precedida por cómo han abordado esta disciplina como alumnos, incluso en las Facultades de Formación de Profesorado [14]. Esta realidad limita su capacidad para implementar nuevas propuestas de enseñanza-aprendizaje, por no sentirse cómodo con ellas [15].

Esto hace que, durante su formación inicial, sea imprescindible enfrentar al profesorado a esta situación, dado que, si entiende la importancia de implementar el ABI, será más fácil que lo traslade a sus aulas [16]. Para ello, el papel del formador de estos docentes se convierte en algo esencial, dado que el andamiaje proporcionado por el experto favorece la integración del proceso [17]. Por todo lo anterior, en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales se propone a 70 futuros docentes de Educación Primaria diseñar, y poner en práctica, su propia actividad de indagación. Se les requiere considerar cómo, gracias a la actividad diseñada, se favorece: a) problematizar la tarea mediante la formulación de preguntas relevantes; b) proponer la construcción de diseños de investigación a su alumnado; o c) realizar un registro de cómo es el aprendizaje de sus estudiantes. Para valorar la utilidad que esta propuesta de enseñanza ha tenido en la formación del profesorado, se busca responder a las siguientes preguntas:

- a) ¿A qué aspectos de una indagación prestan atención los futuros docentes al crear sus actividades?
- b) ¿Cómo evolucionan en sus diseños a lo largo de la secuencia de aprendizaje?
- c) ¿Qué dificultades y limitaciones encuentran?

METODOLOGÍA

Participantes y secuencia de actividades

Las actividades se realizaron con 70 futuros docentes que cursaron la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales del Grado de Maestro/a en Educación Primaria, curso 2021/22, en la Facultad de Formación del Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid. Hay que destacar, que, aunque han recibido una formación previa en ciencias durante el curso 20/21, esta fue en línea por la situación de crisis sanitaria generada por la COVID-19. Además, no cuentan con experiencia previa en actividades de indagación.

Estos futuros docentes trabajaron en 15 pequeños grupos (5-6 estudiantes). Cada grupo eligió una temática basada en los contenidos de ciencias incluidos en el currículo de Educación Primaria de la Comunidad de Madrid. Una vez elegida, se procedió de la siguiente manera en las 5 sesiones de trabajo:

En la sesión 1, cuyo objetivo era conocer qué entienden estos docentes por actividades de indagación, se solicitó que cada grupo trajera al aula una actividad que para ellos fuera de indagación, considerando qué objetivos de aprendizaje buscaban que los alumnos adquirieran, cuál era el rol del alumnado y el docente en la actividad, y cómo iban a identificar el aprendizaje adquirido por su estudiantado. Se consideró de interés que se dieran cuenta de su punto de partida, para que pudieran identificar su evolución.

En la 2, se introdujo qué es el ABI, qué características cumple una actividad de indagación y qué ha de considerarse para diseñar actividades de este tipo. Para ello, se facilitaron ejemplos de actividades experimentales y se discutieron sus semejanzas y diferencias, considerando cuál de los ejemplos favorecería más el aprendizaje de ciencias. Se conectó esta reflexión con cuáles son características de una actividad de indagación, qué fases presenta y qué se requiere del alumnado en ellas. En este punto, los futuros docentes analizan la actividad realizada en la sesión anterior. Para ello, se les entregó una rúbrica de evaluación que han de aplicar a su actividad, y se les solicitó que identificaran en qué nivel de desempeño se situaban en ese momento (<https://drive.google.com/file/d/1hDW20mT35sRUDLlz6fZuuQ9RljfjVzg/view?usp=sharing>). Con ello, se pretende que sean los futuros docentes quienes identifiquen cuáles son las limitaciones que presentan sus propuestas, para comenzar con su rediseño.

Para el diseño de las actividades debieron considerar, además del tema, el contexto planteado, la pregunta de investigación, los objetivos, destrezas científicas, contenidos, y recursos para el aula. Para favorecer su reflexión se realizaron las siguientes preguntas: ¿qué objetivos de aprendizaje persigue la práctica?, ¿qué destrezas científicas han de poner en juego los alumnos para resolver la práctica propuesta?, ¿cuál es el papel de los alumnos?, ¿y el del docente? Es decir, ¿qué es lo que han de hacer concretamente en la actividad?, ¿cómo vais a conocer cuál ha sido el aprendizaje adquirido por vuestro alumnado?

Las sesiones 3 y 4 se dedicaron al diseño y modificación de su actividad de indagación inicial y a la discusión con los compañeros y el formador sobre el proceso seguido. Se presentaron las actividades rediseñadas, incidiendo en cómo con la actividad propuesta se podría promover que sus alumnos realicen las fases de una indagación. Además, se le solicitó que presentaran cualquier material que llevarían al aula, explicando su función. En la 4ª sesión, tras la presentación, tanto el formador como los compañeros hicieron propuestas de cambios y mejoras.

En la 5ª sesión, la última de la secuencia, cada grupo tuvo que presentar al resto de la clase, en una "feria científica", su actividad durante 15 minutos, incluyendo un tiempo para responder a las preguntas realizadas por el resto del grupo-clase y por los formadores. Como cierre, han de valorar, empleando la misma rúbrica de evaluación, su actividad final. También han de describir y justificar su progreso.

Registro y análisis de datos

Los datos se obtuvieron en dos momentos: inicial (primera versión de la actividad de investigación) y final (versión final de la actividad realizada). Se recogieron las evaluaciones de los participantes y de los formadores, los materiales diseñados por los participantes y las anotaciones realizadas por los formadores durante la secuencia. Para construir la herramienta de análisis, que es, a su vez, la rúbrica de evaluación, se sigue a Gerde et al. [18] quien define seis fases de indagación (figura 1).



Figura 1. Fases de una indagación de Gerde et al. [18].

En este trabajo, en lugar de seis fases consideramos siete, distinguiendo entre el registro de datos y su interpretación, ya que implican destrezas con distinto nivel de complejidad. Por ello, la herramienta de análisis se conforma de siete indicadores: formulación de la pregunta de investigación, razonamiento del problema, planificación de la investigación, registro de datos, interpretación de datos, y obtención y comunicación de conclusiones (<https://drive.google.com/file/d/1hDW20mT35sRUDLlz6fZuuQ9RljfjVzg/view?usp=sharing>).

Para caracterizar las destrezas científicas implicadas en cada fase de indagación nos basamos en Ferrés et al. [7], quienes distinguen entre tres niveles de adquisición. En nuestro trabajo, dado que se persigue que sean los futuros docentes quienes con su diseño de indagación promuevan que sus estudiantes adquieran dichas destrezas, distinguimos tres niveles de desempeño, estableciendo una progresión desde un nivel bajo, en que con la actividad diseñada apenas se promueve que los estudiantes pongan en práctica las destrezas científicas necesarias en una indagación, hasta un nivel alto, en el que se encuadran aquellas actividades donde se consigue que sí que las desarrollen. Como ejemplo, en el indicador razonamiento del problema, en el nivel bajo, consideramos aquellas propuestas de indagación en que los futuros maestros y maestras no plantean ningún momento en su actividad donde se favorezca que sus alumnos consideren las posibles respuestas, o hipótesis, a la pregunta de investigación planteada, mientras que en el nivel alto se indica que, con la actividad diseñada, se promueve que los alumnos propongan hipótesis que concuerdan con la pregunta de investigación.

En el indicador formulación de pregunta de investigación se distingue entre el nivel de desempeño bajo, aquél en que la pregunta formulada se responde con un simple sí o no, el nivel medio en que se formula una pregunta de investigación general en la que no es posible identificar a qué variable ha de prestarse atención, y el nivel de desempeño alto donde se formula una pregunta de investigación concreta en la que es posible identificar a qué variable/s se ha de prestar atención.

Una vez aplicada la herramienta de análisis a las propuestas iniciales y finales, se identifica en qué nivel de desempeño se sitúan para cada indicador; y se compara su desempeño en las actividades finales frente a las iniciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **figura 2** se muestra el desempeño en cada fase de la indagación en el diseño inicial y final de la actividad de indagación del total de los grupos de trabajo.

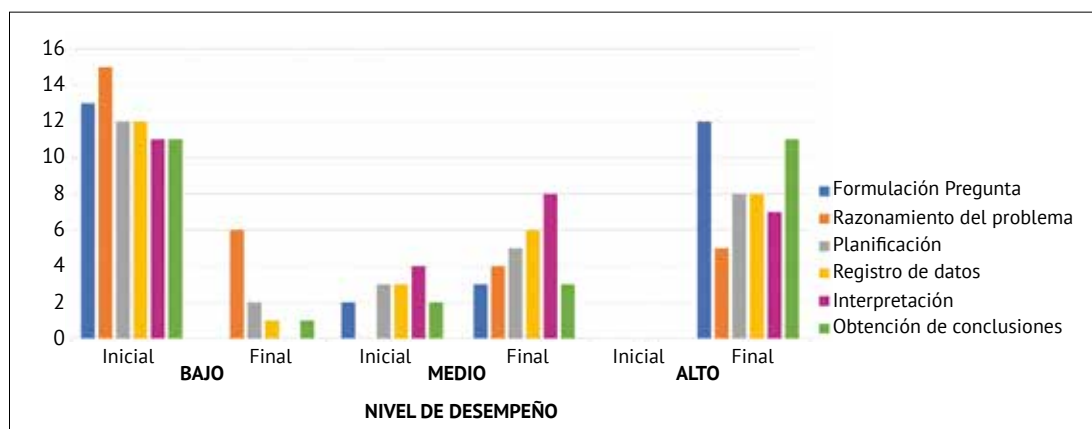


Figura 2. Niveles de desempeño en cada fase de la indagación en el diseño inicial y final de la actividad de indagación para el total de grupos.

En cuanto a *¿A qué aspectos de una indagación prestan atención los futuros docentes al crear sus actividades? y a ¿Cómo evolucionan en sus diseños a lo largo de la secuencia de aprendizaje?*

Al inicio, la totalidad de los grupos plantea actividades que, o bien han localizado a través de búsquedas en internet (repositorios de prácticas de laboratorio para Primaria, vídeos de YouTube, etc.), o que están directamente extraídas de las prácticas de una asignatura del curso anterior. Estas actividades se caracterizan por estar descontextualizadas, no presentar preguntas de investigación y responder exclusivamente al desarrollo de destrezas científicas básicas, que en muchas ocasiones no eran capaces de identificar. Es decir, la mayoría

de sus propuestas eran de confirmación o de demostración, indicando que ellos mismos serían quienes se lo realizarían a los alumnos. Esto se ve reflejado, como se muestra en la figura 2, en que en esta fase inicial prácticamente todos los grupos se encuentran mayoritariamente en un nivel de desempeño bajo en todas las fases de la indagación, situándose sólo en algunas en un nivel medio. De todos ellos, el aspecto que menos contemplan en la parte inicial es el razonamiento del problema (figura 2). Estos resultados al inicio no son de extrañar ya que, como muestra la bibliografía, los docentes al inicio no presentan un conocimiento adecuado de qué son las actividades de indagación [6], entre otras razones porque no han tenido una experiencia previa propia [12]. Esto les lleva a considerar como investigación las actividades experimentales de confirmación que han realizado en otras etapas educativas [13].

A lo largo de las siguientes sesiones se produce un cambio notable en la concepción de las prácticas por parte de los alumnos. Esto se refleja en los niveles de desempeño que alcanzan en los distintos indicadores (figura 2). Todos los grupos toman conciencia de la importancia de tener una buena pregunta de investigación que sirva de guía a lo largo de la actividad, así como de la relevancia de contextualizarla dentro de una narrativa que genere interés en el alumnado. Los pequeños grupos pasan de encontrarse mayoritariamente en un nivel de desempeño bajo (13 de los 15 grupos) a situarse en un nivel alto (12 de los 15) al final. Este resultado es llamativo, dado que en trabajos como el de Ferrés et al [15] se indicaba que la formulación de preguntas investigables suponía grandes dificultades; sin embargo, tras la secuencia de aprendizaje realizada, los futuros docentes consiguen superar esta limitación. Además, consiguen identificar con claridad los objetivos y destrezas científicas que quieren que trabajen sus futuros alumnos.

En el resto de las fases de indagación, a pesar de identificarse cierta mejoría, ésta no ha sido tan notable como en la formulación de preguntas. Si nos fijamos en los datos que muestra la figura 2 encontramos, por ejemplo, que en fases como la obtención de conclusiones sí que aumenta el número de grupos que tienen un desempeño alto, llegando a 11, pero aún hay uno que permanece en desempeño bajo. En otras fases, como el registro o la interpretación de datos, se observa un comportamiento similar, aunque el desempeño del profesorado es mejor que el encontrado en trabajos como el de Ansón y Bravo-Torija [8]. En estas fases, y también en la planificación de la investigación, es de destacar que, si bien al inicio las propuestas de los futuros docentes eran vagas y superficiales, al final de la secuencia consiguen elaborar materiales de apoyo para el estudiante como cuadernos de laboratorio, en los que aparecen herramientas concretas de recogida de datos, en el caso de ir dirigidos a cursos inferiores, o preguntas que van dirigidas a que sean sus alumnos quienes tomen decisiones sobre los materiales a utilizar, las medidas a realizar, o cómo van a registrar los datos que obtienen.

En cuanto a la fase de razonamiento del problema, es donde hay menor progresión. De la totalidad de grupos que al inicio estaban en desempeño bajo, solo 5 llegan a alcanzar un desempeño alto, cuatro se quedan en un desempeño medio, y 6 permanecen tras la secuencia en el nivel que tenían al inicio. Estos resultados son acordes con trabajos como [7] y [17]. Las dificultades asociadas al desempeño en las destrezas que caracterizan esta fase de la indagación se discuten en la siguiente sección.

A continuación se muestra, a modo de ejemplo, la evolución experimentada por el grupo que diseña una actividad para trabajar las mezclas homogéneas y heterogéneas en 6º de primaria.

En la actividad inicial (**figura 3A**) el grupo preparó una torre de densidades con la finalidad de que sus alumnos pudieran observar cómo se separaban los distintos líquidos en función de su densidad. Con ello pretendían que los alumnos identificaran, al echar el docente los distintos líquidos, cómo cada uno se colocaba en una posición, para después considerar cuál era la razón por la que se disponían de esta forma. Con ello, pretendían que los estudiantes consideraran que la razón era la densidad, pero sin concretar por parte de los futuros docentes cómo sus estudiantes iban a llegar a dicha conclusión. Además, en el caso que nos ocupa, entre las distintas propiedades de la materia trabajadas en Educación Primaria, no solo tendrían que atender a la densidad, sino también a otra propiedad que es la miscibilidad; sin embargo, ninguno de los futuros docentes lo tuvo en cuenta y no fue incluido en la actividad. En la actividad presentada por este grupo, por tanto, no se encontraba una pregunta de investigación definida, que permitiera al alumnado comenzar a razonar sobre cómo resolver dicha cuestión utilizando para ello los conceptos de densidad y miscibilidad. Tampoco se promovía, como se muestra en la **figura 3**, que sus estudiantes pudieran decidir el procedimiento a seguir o la recogida y análisis de los datos que podían obtener.

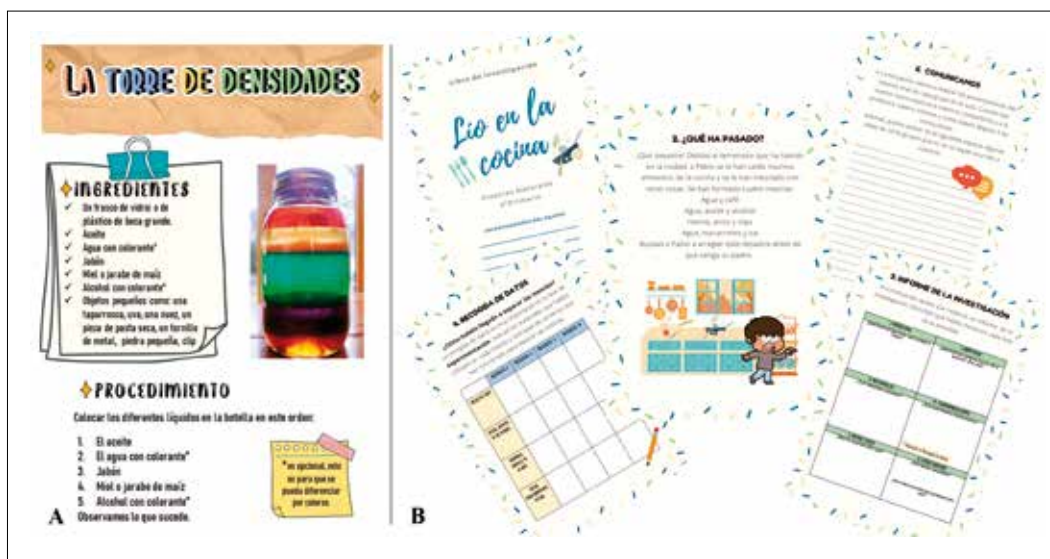


Figura 3. Propuesta inicial (A) y final (B) del grupo que trabaja el tema “Materia y materiales. Cambio físico y mezclas” para 6° de Primaria. Imagen de torre de densidades tomada de *quimicaencasa.com*.

Si nos fijamos en la actividad final (**figura 3B**), el grupo define desde el inicio un contexto en el que integra lo que ha de responder su alumnado al resolver la investigación “Debido al terremoto que ha habido en la ciudad, a Pablo se le han caído muchos alimentos de la cocina y se le han mezclado con otras cosas. Se han formado las siguientes mezclas...” “tienes que ayudar a Pablo para recoger la cocina...”. Este contexto, donde se integra la pregunta, dirige a sus futuros estudiantes a comenzar a razonar sobre el problema a resolver; identificando conceptos clave como son las mezclas.

Además, son capaces de establecer un andamiaje a través de preguntas que favorecen la toma de decisiones sobre cómo identificar qué es una mezcla homogénea o heterogénea y cómo separarlas, dando autonomía a los alumnos durante el proceso de resolución, pero a la vez ayudándolos a identificar los pasos que se han de seguir en una investigación científica (**figura 3b**). Siguiendo a Alfieri et al. [9] consiguen diseñar una propuesta que fomentaría el razonamiento del alumnado frente a la mera manipulación que encontrábamos en la actividad inicial.

El desempeño alcanzado por los grupos no es el mismo (**figura 2**), y consideramos que esto podría verse influenciado tanto por el contenido que han elegido trabajar como por la forma en que se han enfrentado los futuros docentes a la actividad. En cuanto al contenido, ellos mismos indican que los temas de biología y geología los consideraban más cercanos, pero luego reconocieron la dificultad que presentaban para conseguir una pregunta de investigación adecuada al curso de primaria escogido. En cambio, en los temas de física y química identifican una dificultad distinta, encontraban más fácilmente la pregunta a investigar; pero dedicaban más tiempo a considerar qué ideas debían manejar sus alumnos. Por ello, consideramos de interés, al trabajar la indagación en la formación inicial, que se aborden todos los contenidos del currículum de Educación Primaria, ya que cada uno presenta sus propios retos. En cuanto a la forma de trabajar en grupo, algunos dedicaron mucho tiempo a pensar y reflexionar sobre una buena pregunta de investigación que respondiera a los contenidos que querían trabajar; creando posteriormente un contexto o narrativa motivadora y proponiendo tareas intermedias que ayudaban a responder a la pregunta inicial. Otros, en contraste, intentan crear las tareas y los materiales desde el inicio, ignorando la pregunta de investigación o proponiéndola de forma parcial. En estos casos, aunque al inicio parece que su avance era mayor que el de otros grupos, llega un momento en que se estancan, y necesitan de nuevo revisar qué ideas quieren trabajar con sus estudiantes y rediseñar la qué preguntas de investigación. Los grupos que actuaron de esta forma son, en su mayoría, los que consiguieron un menor nivel de desempeño.

¿Qué dificultades y limitaciones encuentran?

En relación con las dificultades encontradas en el futuro profesorado al diseñar actividades de indagación, destaca sobre todo la relacionada con el razonamiento del problema. Como ya se ha señalado, es la fase en la que menor evolución muestran los distintos grupos. Consideramos que esto puede deberse al conocimiento que poseen

acerca de qué es una hipótesis. Todos los grupos identifican que es determinante promover momentos donde los alumnos formulan hipótesis, o buscan posibles respuestas al problema; sin embargo, en sus diseños encontramos que lo plantean de tal forma que sólo solicitan dar una respuesta, pero no que se respalde con las ideas de ciencias que la apoyaban. Esto nos indica que el enseñar sobre ciencias es también un pilar importante en la enseñanza de las ciencias, siendo el conocimiento relacionado con la naturaleza de la ciencia algo que no se puede obviar ni en la formación docente, ni en el resto de las etapas educativas [3].

En cuanto al resto de etapas de indagación, destacan como principales dificultades la consideración en la planificación de la investigación de la necesidad de una fiabilidad y una replicabilidad, y la concreción en la recogida y análisis de datos. Muchos grupos al final de la secuencia de aprendizaje lo tuvieron en consideración, pero esto no ocurrió al inicio, ya que no lo tenían en cuenta en sus diseños. Esto puede relacionarse con qué tipo de actividades experimentales han realizado como alumnos en etapas educativas anteriores y cuál ha sido su papel en ellas [13] dado que, si siempre han sido actividades de comprobación, no han tenido oportunidad de tomar decisiones sobre qué debían hacer, cómo debían hacerlo y qué material necesitaban para ello. Como muestran los datos de este estudio, cuando se les solicita a los futuros docentes que tengan que pensar cómo ayudar a sus alumnos a responder a estas cuestiones, comienzan a darse cuenta, por ejemplo, del papel que juegan la replicabilidad y la fiabilidad en la actividad científica.

CONCLUSIONES

Podemos concluir, a partir de los resultados obtenidos, que los futuros docentes experimentan una mejora en su desempeño al diseñar actividades de indagación. Partiendo de niveles de desempeño bajos en la mayoría de los indicadores pasan a situarse en niveles medios y altos de desempeño en su diseño final. Destacan fases como la formulación de preguntas de investigación, en la que casi la totalidad de los grupos son capaces proponer una pregunta de investigación que permite al alumnado de Educación Primaria del curso escogido identificar las variables a investigar. Más dificultades encuentran, sin embargo, en el razonamiento de problema en que predomina un nivel medio de desempeño, al promover que los alumnos puedan formular hipótesis ambiguas o incompletas. Esto nos indica que, a pesar de la mejora en el diseño de estas actividades, sigue siendo necesario dedicar tiempo, durante la formación inicial, a trabajarlas.

Además, a partir de los resultados obtenidos, consideramos que se ha producido un acercamiento a la construcción de una herramienta práctica que permite al futuro profesorado evaluar las actividades de indagación que diseña, identificando sus limitaciones, permitiendo reflexionar sobre cómo mejorar.

Finalmente, hay que señalar que el desempeño de los grupos ha sido distinto, y que esto se ha visto influido por su forma de trabajar; dado que las decisiones tomadas por sus componentes han influido tanto en el producto final como en su evolución. Apenas hemos encontrado estudios donde se investigue cómo el trabajo en grupo influye en el diseño de actividades de indagación, por ello consideramos crucial profundizar ello.

AGRADECIMIENTOS

A los futuros maestros y maestras de Educación Primaria participantes en el estudio.

REFERENCIAS

- [1] ROMERO-ARIZA, M. (2017). El aprendizaje por indagación, ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 286-299.
- [2] OCDE, (2016) PISA 2015 assessment and analytical framework: science, reading, mathematical and financial literacy. Paris: OECD Publishing.
- [3] AGUILERA, D., PERALES-PALACIOS, F. J. (2020). What effects do didactic interventions have on students' attitudes towards science? A meta-analysis. *Research in Science Education* 50(2), 573–597.

- [4] LEDERMAN, N.G., LEDERMAN J.S., ANTINK A. (2013) Nature of science and scientific inquiry as contexts for learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 1(3), 138-147.
- [5] CONSTANTINOU, C. P., TSIVITANIDO, O., RYBSKA, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning? En *Professional development for inquiry-based science teaching and learning, contributions from science education* (pp. 1–23). New York: Springer.
- [6] ARIZA, M.R., QUESADA, A., ABRIL, A.M., GARCÍA, F.J. (2016) Promoting responsible research through science education. Design and evaluation of a teacher training program. En *INTED2016 Proceedings 10th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 3941-3950). Valencia: IATED Academy.
- [7] FERRÉS, C., MARBÁ, A., SANMARTÍ, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 22-37.
- [8] ANSÓN, A.J., BRAVO-TORIJA, B. (2017). Resultados e implicaciones de una propuesta para promover el desarrollo de las destrezas científicas en un aula de Biología de bachillerato. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 16(1), 132-151
- [9] ALFIERI, I. BROOKS, P.J., ALDRICH, N. J., TENENBAUM, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology* 103, 1-18.
- [10] VORHOLZER, A., VON AUFSCHNAITER, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction—an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education* 41(11), 1562–1577.
- [11] MOLEBASH, P., BERNIE, D., BELL, R., MASON, C., IRVING, K. (2002). Promoting student inquiry: WebQuest to web inquiry projects (WIPs). Disponible en línea: http://webinquiry.org/WIP_Intro.htm (consulta: 19 de julio de 2022).
- [12] ROMERO-ARIZA, M., QUESADA, A., ABRIL, A. M., SORENSEN, P., OLIVER, M. C. (2019). Highly recommended and poorly used: English and Spanish science teachers' views of Inquiry-Based Learning (IBL) and its enactment. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 16(1), 1–16.
- [13] FORBES, C. T., DAVIS, E. A. (2010). Curriculum design for inquiry. Pre-service elementary teachers' mobilization and adaptation of science curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching* 47(7), 820–839.
- [14] GÁLVEZ-ESTEBAN, R., BRAVO-TORIJA, B., PÉREZ-MARTÍN, J. M. (2021). Ants as an experiential learning strategy in preschool teacher training. En *Interdisciplinary Approaches Toward Enhancing Teacher Education* (pp. 134-154). USA: IGI publications.
- [15] ZHANG, L. (2016). Is inquiry-based science teaching worth the effort? Some thoughts worth considering. *Science & Education* 25(7–8), 897–915.
- [16] JANSSEN, F., WESTBROEK, H., DOYLE, W. (2014). The practical turn in teacher education: Designing a preparation sequence for core practice frames. *Journal of Teacher Education* 65(3), 195–206.
- [17] CRUJEIRAS-PÉREZ, B. (2017). Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14(2), 473–486.
- [18] GERDE, H. K., SCHACHTER, R. E., WASIK, B. A. (2013). Using the scientific method to guide learning: An integrated approach to early childhood curriculum. *Early Childhood Education Journal* 41(5), 315–323.

LA EXPERIENCIA DE DIVULGAR: MOTIVANDO EL INTERÉS POR CONSEGUIR UNA PROYECCIÓN INTERNACIONAL

Julia Carracedo Añón¹, María Dolores Marrodán Serrano²

¹Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. (España).

²Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid. (España).

Dirección de correspondencia: julcar01@ucm.es

Palabras clave: divulgación científica; docencia online vs presencial; innovación; máster universitario; motivación.

Keywords: scientific dissemination; online vs. face-to-face teaching; innovation; university master's degree; motivation.

Resumen

Con el grupo de alumnos de la asignatura de Nutrición y Salud del Máster Universitario de Biología Sanitaria de la Universidad Complutense de Madrid, se ha llevado a cabo una nueva estrategia de trabajo para los seminarios. La misma consiste en la preparación de trabajos que, tras su defensa en una Jornada Científica que culmina la asignatura, se presenten en Congresos o se publiquen en revistas científicas. La posibilidad de divulgarlos de este modo, trasciende más allá del trabajo en el aula e incluso del curso académico. Sin embargo, este procedimiento aporta un valor añadido sobre el esfuerzo que realizan los estudiantes, les incentiva a mejorar la originalidad calidad de los trabajos y les dota de competencias para su futuro profesional.

Abstract

With the group of students of the Nutrition and Health course of the Master's Degree in Health Biology of the Complutense University of Madrid, a new work strategy has been implemented for the seminars. This consists in the preparation of papers that, after their defense in a Scientific Conference that culminates the course, are presented in Congresses or published in scientific journals. The possibility of disseminating them in this way goes beyond the classroom work and even beyond the academic year. However, this procedure adds value to the effort made by the students, encourages them to improve the originality and quality of their work and provides them with skills for their professional future.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de Máster Universitario (MU) son una etapa avanzada en la docencia universitaria que permite a los estudiantes alcanzar un nivel de especialización sobre sus estudios de grado. El docente del MU imparte los conocimientos logrados de la preparación y del estudio, pero sobre todo puede transmitir los conseguidos en su experiencia. De esta experiencia puede enseñar estrategias de utilidad para el futuro desempeño de una actividad profesional. Las profesoras que imparten docencia en este MU tienen una importante dedicación docente y además tienen una intensa actividad y experiencia en investigación, cuya transmisión es la base de este trabajo.

Dentro de las asignaturas del MU en Biología Sanitaria de la Universidad Complutense de Madrid tenemos la responsabilidad de impartir la docencia en la asignatura de Nutrición y Salud. La programación de esta asignatura incluye clases teóricas, clases prácticas y seminarios [1]. La docencia de contenidos teóricos y competencias básicas se desarrollan de manera intensa durante las clases teóricas y prácticas. De esta forma, los seminarios pueden ser de utilidad para realizar estrategias de innovación docente [2,3].

De entre los alumnos matriculados en la asignatura, solo una pequeña parte ha tenido una experiencia o acercamiento a realizar actividades de divulgación de la investigación. La mayoría de ellos son graduados en áreas de ciencias de la vida o de la salud, y algunos han realizado prácticas externas y trabajo de fin de grado (TFG) en laboratorios experimentales, pero raramente han publicado sus trabajos o han participado en congresos científicos. Por lo tanto, una actividad normal, pero relevante, como es la divulgación del conocimiento, ha quedado fuera de su experiencia y realizarla puede ser de utilidad para resaltar la importancia de incluir esta importante práctica entre sus objetivos y actividades cotidianas a nivel profesional.

En los seminarios de la asignatura mencionada, se inició durante el curso 2020-21 una propuesta docente innovadora que consiste en la realización de trabajos en equipo con diferentes posibles formatos (investigación experimental y revisiones científicas, entre otras opciones), que los grupos de estudiantes deben redactar en forma de documento o manuscrito siguiendo una normativa muy definida y que culmina en una presentación oral de los trabajos [4]. En este curso 2021-22 hemos continuado esta modalidad de seminarios y, siguiendo las directrices de nuestra universidad, hemos realizado la actividad de presentación de forma presencial, en una jornada única de tarde con cuatro horas de duración y con un formato que simula una actividad científica formal. Hay que destacar que esta jornada presencial se ha comparado con la realizada en el curso anterior; totalmente virtual. En este sentido, hemos podido comparar las opiniones de los estudiantes matriculados en ambos cursos y tener una valoración de las ventajas e inconvenientes para las dos modalidades de presentación.

Por lo tanto, recogemos en este trabajo la experiencia realizada en el grupo de estudiantes de la asignatura de Nutrición y Salud del MU de Biología Sanitaria de la Universidad Complutense de Madrid en los últimos dos cursos. Se propuso realizar una experiencia de adaptación académica con los siguientes objetivos: 1) Organización de la actividad de seminarios con un formato de reunión científica. 2) Ofrecer la oportunidad de divulgación científica del trabajo realizado: publicación de los trabajos de los seminarios o participación en congresos científicos. 3) Adaptar dentro del campus virtual de la asignatura un espacio de encuentro y divulgación del trabajo realizado.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Grupo de estudio y temporización

El número de estudiantes matriculados en el curso académico 2020-21 fue de 18,4 varones y 14 mujeres, con edades comprendidas entre 22 y 30 años. En el curso 2021-22 hemos contado con 13 estudiantes, 4 varones y 9 mujeres. Para realizar los trabajos se establecieron grupos de 2 o 3 personas.

Participaron dos profesoras como tutoras de los trabajos.

Se ha dedicado a la actividad un tiempo de 6 horas en total: 2 horas de trabajo presencial en equipo de manera tutorizada por las profesoras y, posteriormente, 4 horas para la jornada de exposición de los seminarios en una jornada única.

Modalidades de los trabajos de seminario

Los estudiantes pudieron elegir entre varios tipos de trabajos. Todos ellos son actividades comunes en el ambiente académico y científico:

Revisión o actualización sobre temas propuestos por el profesor. Se ofertaron 10 temas de revisión bibliográfica de actualidad relacionados con los contenidos docentes de la asignatura.

Trabajo original. Se utilizaron datos experimentales facilitados por las profesoras (bases de datos parciales correspondientes a proyectos de investigación ya concluidos que aún pueden ser exploradas). Los estudiantes que eligieron esta modalidad realizaron un análisis estadístico después de establecer una pregunta de investigación. A su vez, fue necesario realizar una actualización bibliográfica para conocer el tema y ver la originalidad del diseño del estudio y de los resultados obtenidos.

La redacción del trabajo escrito debió ajustarse a normas establecidas previamente y publicadas en la página del curso.

Presentación de los trabajos

Una de las actividades más interesantes de nuestra experiencia docente es la presentación de los trabajos en una jornada única de 4 horas de duración en un formato de estilo reunión científica o workshop. Se recomen-

dó a los alumnos preparar una presentación en PowerPoint como ayuda a la exposición oral de 10-15 minutos de duración. Posteriormente, se realizó una discusión en la que todo el grupo de clase pudo intervenir.

Tutoría y evaluación

Las tutorías se realizaron tanto de manera presencial como a través de consultas en línea. La evaluación de los seminarios en esta asignatura, como se expresa en la guía docente, supone un 20 % de la nota final. Para ello se utilizó la media aritmética obtenida entre la exposición oral y el trabajo escrito.

Divulgación de los trabajos

Este es uno de los puntos clave para esta experiencia innovadora: los trabajos con una buena calificación se seleccionaron para su divulgación. Hay que destacar que no se puede incluir esta actividad en la evaluación, dada la escasa disponibilidad de tiempo. Esto quiere decir que los alumnos realizan esta parte de la misma de forma totalmente voluntaria y con un resultado que no va a influir en su calificación académica.

Tanto en el pasado curso como en el actual, una vez finalizada la asignatura se ofreció a los alumnos seleccionados e interesados lo siguiente:

- a) Presentación de una comunicación a jornadas o congresos del área de nutrición próximos, en formato póster u oral.
- b) Publicación en revistas científicas: Revista de Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria u otras (dependiendo de la calidad del trabajo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado vamos a exponer las actividades y resultados conseguidos, con el mismo orden seguido para los objetivos planteados en el proyecto:

Organización de la actividad de seminarios con un formato profesionalizado, en formato de reunión científica

Como hemos comentado anteriormente, para los seminarios de la asignatura de Nutrición y Salud, del MU en Biología Sanitaria de la UCM, se diseñó y realizó durante los cursos 2020-21 y 2021-22 una actividad que consiste en la realización de trabajos en equipo con diferentes formatos posibles y que culmina en una presentación oral de los mismos. Cabe señalar que, a pesar de ser estudiantes de postgrado, la mayor parte de ellos aún no se han manejado en un escenario en el que deban transferir conocimientos científicos de una manera profesional. Este tipo de actividad fue iniciada por nuestro grupo en un estudio preliminar [5,6], con resultados prometedores que nos han animado a concretar el trabajo actual.

El diseño de esta actividad se ha realizado en formato de jornada científica en ambos cursos. La idea es que los estudiantes entren en contacto con situaciones que les permitan conocer algunos de los aspectos ligados a actividades comunes y relevantes de un profesional dedicado a la ciencia, como es la divulgación del conocimiento. Acercarlos a estos contextos y familiarizarlos con los procedimientos puede ser de utilidad, sobre todo para resaltar la importancia de incluirlos entre sus objetivos profesionales futuros y, en especial, para animarlos a divulgar la información científica conseguida de su trabajo.

Se destinaron las últimas 4 horas de clase de la asignatura a realizar una jornada de presentación de los seminarios. Se diseñó un programa que queda reflejado en la **Figura 1**. Como se detalla en el mismo, la jornada del curso anterior se realizó en formato remoto, mientras que en el curso 2021-20 ha sido en formato presencial. Queremos destacar que en el curso 2021-22 han participado como ponentes los estudiantes del curso anterior que han seguido trabajando con nosotros después de terminar su máster. Esta propuesta de participación fue acogida por los estudiantes egresados con gran entusiasmo y para nosotros resultó asimismo muy gratificante, ya que demostró que nuestra idea original había tenido un impacto beneficioso sobre ellos.

Como hemos comentado, los estudiantes presentaron sus trabajos además en forma de manuscrito. Los trabajos fueron tutelados por las profesoras, corregidos para mejorar la calidad, enseñar y trabajar con los alumnos diversos aspectos y competencias, entre las que se incluyen el uso de bases de datos para la búsqueda de bibliografía, el análisis de datos experimentales utilizando paquetes estadísticos habituales, o la elaboración de un documento científico siguiendo normas habituales y con el rigor requerido.

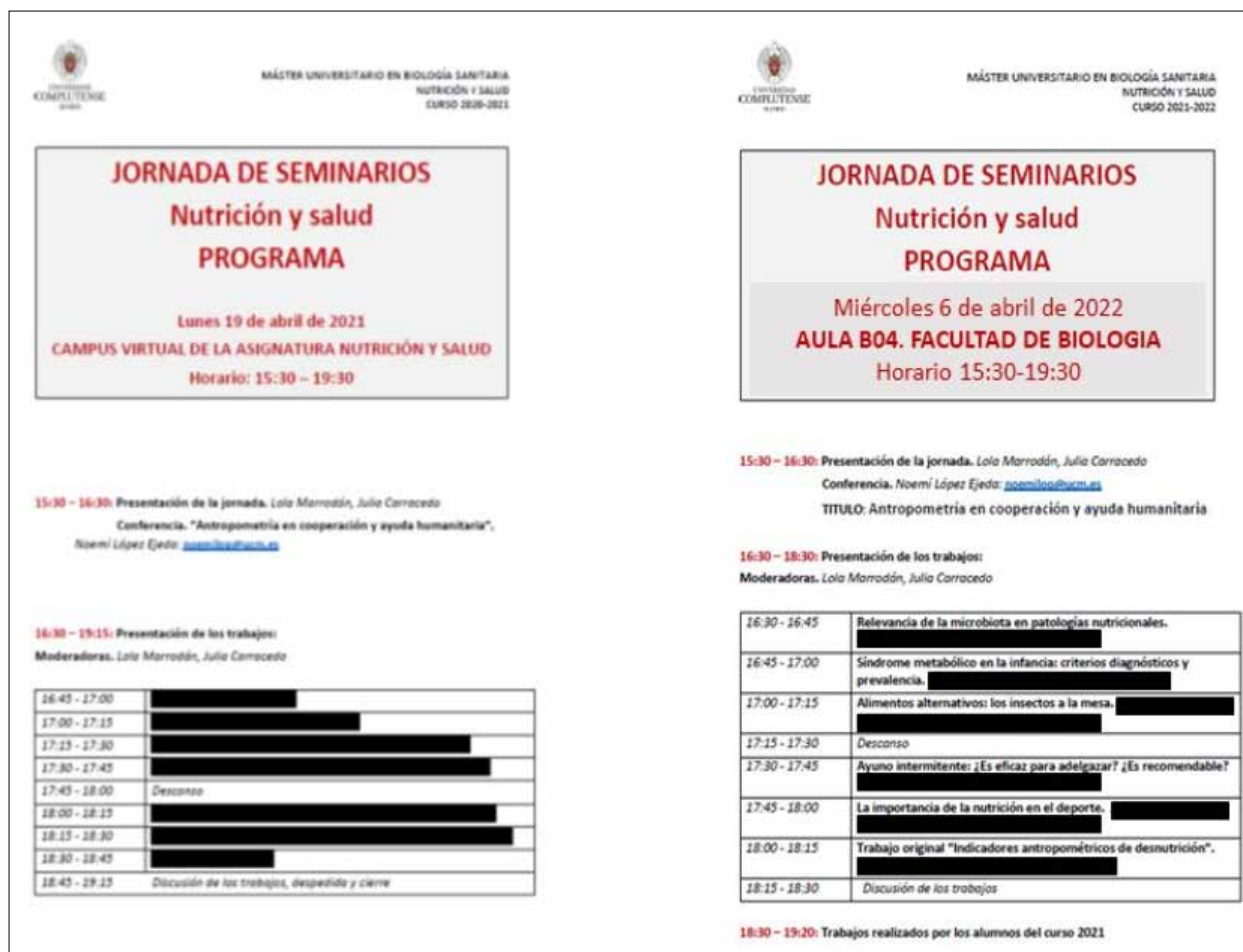


Figura 1. Programas de la jornada de seminarios de Nutrición y Salud en los cursos 2020-21 y 2021-22.

Las exposiciones orales en general fueron bastante aceptables. Los alumnos habían preparado bien sus presentaciones, repartido el trabajo equitativamente entre los componentes del grupo y, de forma general, respondieron correctamente a las preguntas durante la discusión del trabajo. Sin embargo, nos llamó la atención que los trabajos escritos no tenían buena calidad, y aun los elegidos debieron ser adaptados con numerosas correcciones por parte de las tutoras.

Es difícil valorar una actividad como esta que se plantea desde un punto de vista objetivo y cuantitativo. No obstante, incluimos en la **Tabla I** las excelentes calificaciones obtenidas en los seminarios en los dos cursos académicos valorados, destacando una mejora de las medias en el curso actual sobre el curso anterior; lo que refuerza nuestra idea de que los estudiantes tienen la capacidad de hacerlo bien, solo que deben realizar un mayor esfuerzo para que los trabajos mejoren.

Tabla I. Resultados obtenidos en los seminarios según la modalidad.

Modalidad del trabajo	Nota obtenida (media ± desviación estándar)	
	Curso 2020-21	Curso 2021-22
Trabajos originales	9,1 ± 0,3	10,0 ± 0,0
Trabajos de revisión	8,6 ± 0,4	8,8 ± 0,9
Curso completo	8,3 ± 1,0	9,0 ± 0,9

Nota: Las calificaciones se aplicaron de forma individual para cada alumno, aunque el trabajo se realizó en equipos.

Ofrecer la oportunidad de divulgación científica del trabajo realizado: publicación de los trabajos de los seminarios o participación en congresos científicos

Entre los trabajos realizados por los alumnos, no todos alcanzaron una calidad suficiente para poder ser divulgados. Dos de los trabajos del curso 2020-21 han sido realizados utilizando bases de datos de estudios del grupo de la Profesora Marrodán. Los resultados obtenidos se han presentado en 2 congresos científicos internacionales del área de nutrición. Uno de los trabajos, además, resultó premiado, lo cual incrementó la satisfacción de los estudiantes implicados y la nuestra. Además, los estudiantes se han mostrado interesados en enviar sus trabajos a publicación. En el curso 2021-22 uno de los trabajos se ha seleccionado para su divulgación. Como es obvio, esta actividad se realizará en los próximos meses, fuera del tiempo que dura el curso.

Adaptar dentro del campus virtual de la asignatura un espacio de encuentro y divulgación del trabajo realizado

El desarrollo de este objetivo se ha realizado haciendo un esfuerzo por incorporar en el campus virtual de la asignatura toda la información relativa a los seminarios, comunicaciones y valoraciones. Entendemos que este curso ha sido menos importante la comunicación virtual con los estudiantes, dado la recuperación de la presencialidad total. No obstante, hemos realizado esta actividad incluida en nuestros objetivos, y ha sido de gran utilidad, ya que los estudiantes disponían de toda la información necesaria de forma sencilla.

Valoración de la actividad realizada en seminarios por los estudiantes

Como complemento del trabajo que se ha realizado, hemos creído necesario consultar con los estudiantes su grado de interés y satisfacción con esta parte de la asignatura. En la **Tabla 2** hemos incluido un resumen de las encuestas contestadas durante los dos cursos por parte de los estudiantes matriculados. De forma global, el reconocimiento del grupo de alumnos fue claramente satisfactorio, si bien tuvieron una percepción diferente entre los dos cursos, donde la única diferencia fue la realización de forma presencial o telemática. Nuestro mayor interés con este tipo de actividad se centra, como hemos indicado, en incrementar la motivación de los estudiantes por la asignatura y pensamos que este objetivo lo hemos conseguido en un elevado porcentaje.

Tabla 2. Valoración de la actividad de seminarios por parte de los estudiantes.

Pregunta	2020-21		2021-22	
	Si	No	Si	No
¿Te parece que la actividad de seminarios ha aportado una experiencia positiva en tu aprendizaje de la asignatura de Nutrición y Salud?	12		13	
¿Crees que el diseño de la actividad es diferente al que se utiliza en otras asignaturas para los seminarios?	11	1	7	6
¿Te parece interesante la opción de poder divulgar el trabajo?	12		13	
¿Te va a interesar la opción de divulgar el trabajo aunque se ejecute bastante después de terminar la asignatura?	12		12	1
¿Piensas que la opción de poder divulgar el trabajo te ha motivado a realizar un mayor esfuerzo para la elaboración del trabajo?	10	2	11	2

Nota: En 2020-21 contestaron la encuesta 12 estudiantes de los 19 matriculados (64 %). En 2021-22 contestaron los 13 estudiantes matriculados (100 %)

CONCLUSIONES

Dentro de nuestra actividad de innovación dirigida a estudiantes de máster y como realización de los objetivos que se plantearon, destacaron las habilidades del alumnado para la expresión oral y la capacidad para preparar las presentaciones. Sin embargo, la redacción de manuscritos tiene un importante margen de mejora. En el curso actual hemos progresado en lo relativo a los resultados académicos y la calidad de los trabajos en relación al curso anterior; de manera general. En este mejor resultado pueden haber intervenido numerosos factores entre los que puede estar implicado el contacto presencial en las aulas.

Los estudiantes han tenido una buena oportunidad para ampliar sus capacidades introduciéndose en el campo de la divulgación científica y, además, han podido compartir sus experiencias con los estudiantes del siguiente curso incrementando el interés y la motivación por este tipo de trabajos.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Innova-Doctencia UCM, nº Exp 161/2021.

A los alumnos de los cursos 2020-21 y 2021-22 de la asignatura de Nutrición y Salud del Máster Universitario de Biología Sanitaria de la UCM.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Guía docente de la asignatura de Nutrición y Salud para el curso 2018-2019. Máster Universitario en Biología Sanitaria. Universidad Complutense de Madrid. [En línea], disponible en: <https://www.ucm.es/biologiasanitaria/guias-docentes>
- [2] TEJADA, J. (2002) El docente universitario ante los nuevos escenarios: implicaciones para la innovación docente. *Acción Pedagógica* 11, 30-42.
- [3] SANTOS REGO, M.A., SOTELINO LOSADA, A., LORENZO MOLEDO, M. (eds.) (2016) *Aprendizaje-servicio e innovación en la universidad*. Universidad de Santiago de Compostela.
- [4] HUBER, G.L. (2012) Aprendizaje activo por cooperación en equipos pequeños. [En línea], disponible en: http://metaaccion.com/descargas/practico_26_Aprendizaje_activo_por_cooperacion_en_equipos_pequenos.pdf
- [5] CARRACEDO J, MARRODÁN, M.D. (2019) El trabajo en seminarios de posgrado: Una experiencia hacia la profesionalización. *Proceedings 4º Congreso Virtual Internacional de Educación, Innovación y TIC, EDUNOVATIC2019*. REDINE, Red de Investigación e Innovación Educativa, editorial Adaya Press, 2019. con ISBN 978-84-09-19568-8. ID#S2B.29
- [6] CARRACEDO J, MARRODÁN, M.D. (2021) Seminarios que trascienden fuera del aula y del curso académico: Una oportunidad para practicar la profesión del científico. En: GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A., HERRÁEZ SÁNCHEZ, A. (eds.) *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (II)*. Madrid, Grupo SM, pp. 55-62.. ISBN: 978-84-09-36664-4. DOI: 10.5281/zenodo.4722939

MI AULA EN MARTE: FOMENTANDO LA CIENCIA DEL PRESENTE CON SUEÑOS DE FUTURO

Antonio Eff-Darwich¹, Begoña García Lorenzo², Pere Pallé Manzano², Sara González Pérez¹, Cristina González Montelongo¹, Israel Pérez Vargas¹, Caterina Rodríguez de Vera², Alejandra Goded Merino¹, Antonio Ortega Rivas¹

¹Facultad Educación, módulo A2, Universidad de La Laguna. Tenerife.

²Instituto de Astrofísica de Canarias.

³IES Granadilla, Tenerife (España).

Dirección de correspondencia: adarwich@ull.edu.es

Palabras clave: educación secundaria; marte; ciencias experimentales; innovación.

Keywords: secondary education; mars; experimental sciences; innovation.

Resumen

'Mi aula en Marte' es un proyecto piloto, que se lleva a cabo a lo largo del año 2022, pensado para alumnos de 3º y 4º de la ESO y que tiene como objetivo fundamental mostrar el trabajo científico desde un punto de vista práctico e interdisciplinar. Está financiado por la Fundación Española de Ciencia y Tecnología y lo coordinan la Universidad de La Laguna y el Instituto de Astrofísica de Canarias.

Los alumnos participantes aprenderán a explorar y entender el planeta Marte desde la perspectiva de la química, la biología, la física y la geología. Mediante la resolución de retos, los alumnos aprenderán sobre las rigurosas condiciones ambientales de Marte y, sobre todo, comprenderán la íntima relación entre la ciencia básica y las aplicaciones tecnológicas.

Abstract

'Mi aula en Marte' is a pilot project, carried out throughout the year 2022. It is designed for 3rd and 4th year secondary students and it is intended to show the scientific work from a practical and interdisciplinary point of view. It is founded by Spanish Foundation for Science and Technology and it is coordinated by Universidad de La Laguna and Instituto de Astrofísica de Canarias.

Participating students will learn to explore and understand the planet Mars from the perspective of chemistry, biology, physics and geology. Students will solve challenges to learn about the harsh environmental conditions on Mars and, above all, understand the close relationship between basic science and technological applications.

ANTECEDENTES

Marte es sin duda un reclamo para la imaginación del ser humano. Junto con la Luna, es el planeta del Sistema Solar más visitado. Sin embargo, es un terreno largamente inexplorado desde el punto de vista educativo. Ciertamente es que la NASA tiene una enorme base de recursos [1] dirigidos a todos los niveles educativos, con un cuidadoso tratamiento del anclaje curricular; y traducida incluso al español. Sin embargo, si queremos tener una experiencia presencial y educativa de cómo sería estar en Marte tenemos que visitar alguno de los museos que ofrecen esta oportunidad más allá de una exposición temporal [2,3,4]. Desde la Facultad de Educación de la Universidad de La Laguna, en Tenerife (España) hemos diseñado un proyecto, 'Mi aula en Marte', en el que un aula de esta institución se transforma en un laboratorio marciano, donde llevamos a cabo distintas experiencias que ayuden a los alumnos de distintos niveles educativos a entender conceptos y herramientas de la ciencia en el contexto de la exploración de Marte.

La temática marciana y el diseño secuencial de actividades están inspirados en el proyecto de la NASA *Is there water on Mars?* [5]. La idea de la utilización de la resolución de retos está tomada de *Astrobiology Math Educator Guide* [6], una serie de actividades diseñadas como desafíos adicionales al currículo de matemáticas y física para educación secundaria. Los retos permiten a los alumnos llevar a cabo sus propias investigaciones en el laboratorio [7] y llegar a comprender que los resultados finales importan mucho menos que una interpretación profunda de los datos y las experiencias obtenidas a través del proceso de investigación. No obstante, los retos requieren mucho más tiempo de ejecución que una actividad estándar de laboratorio y un mayor esfuerzo en el diseño de las actividades por parte del profesorado. 'Mi aula en Marte' pretende facilitar la labor del profesorado en el diseño de retos, además de comprobar la respuesta del alumnado a este tipo de estrategias didácticas. Este proyecto se encuentra en la fase de pilotaje, por lo que se ofrece a pequeños grupos de alumnos de 3º y 4º de la ESO, durante una semana.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto se lleva a cabo a lo largo de una semana, a razón de 3 horas diarias en horario de tarde. Cada día de la semana se dedica a una actividad en particular; en este sentido, los lunes y parte del viernes se dedican al reto de los líquenes, el martes a sedimentología, el miércoles a química, el jueves a la luz y parte de robótica y el resto del viernes a robótica y cerrar la semana de actividades. Todas las actividades comienzan con una introducción teórica, relacionando algún aspecto de la exploración marciana con la temática a tratar. El resto del tiempo se dedica a realizar la actividad práctica. Al finalizar cada sesión los alumnos responden una sencilla encuesta de respuesta abierta (véase **figura 1**) cuya finalidad es ir mejorando el proyecto que, recordemos, está en su fase de pilotaje.

El proyecto se ha llevado a cabo en el antiguo laboratorio de Ciencias Naturales del Departamento de Didácticas Específicas de la Universidad de La Laguna. Aprovechando la financiación de este proyecto, se ha procedido a modernizar y ambientar las instalaciones con la temática marciana y de exploración espacial. Todo el material adquirido para este proyecto permitirá diseñar nuevas prácticas de laboratorio para los alumnos de los grados de maestro en educación infantil y primaria de la Universidad de La Laguna; de esta forma este proyecto tendrá continuidad, no solo entre el alumnado de secundaria que repita estas actividades en sucesivas ediciones, sino entre el alumnado universitario que se forma para llegar a ser maestros de primaria e infantil.

A continuación describimos las actividades de las que consta el proyecto 'Mi aula en Marte'.

I. Terraliquenización de Marte

Lunes, 3 horas y viernes, 1 hora

Área involucrada: botánica

Los líquenes son organismos duales, formados por al menos un micobionte y un fotobionte. El micobionte u hongo es el organismo que le da estructura al organismo y protección al fotobionte frente a la deshidratación. El fotobionte, que puede ser un alga verde, una cianobacteria o ambos, es el encargado de generar los azúcares que necesita el micobionte a través de la fotosíntesis. Los líquenes por tanto son organismos complejos.

La reproducción y multiplicación de los líquenes es incluso más singular que su propia naturaleza. La multiplicación vegetativa se puede realizar por fragmentación del talo o por estructuras especializadas como isidios o sorralios, entre otros. En estos casos de multiplicación se dispersan tanto el micobionte como el fotobionte, lo que facilitará la generación de nuevos talos, aunque se trate de individuos clónicos (genéticamente idénticos al organismo original). En el caso de la reproducción sexual, es el hongo o micobionte el único que puede reproducirse, y además impide la reproducción sexual de las algas y cianobacterias y limita la multiplicación vegetativa de éstas. Debido a esta singularidad de la reproducción sexual de los organismos que forman parte de los líquenes, éstos no deben ser considerados como ejemplo de simbiosis ya que los dos organismos no pueden realizar todas las funciones básicas de los seres vivos.

Encuesta de seguimiento

Actividad:
Edad:
Curso:
Género:

¿Qué es lo que más te ha gustado de la actividad?

Dinos algo que hayas aprendido

¿Qué cambiarías o incluirías en la actividad?

De 1 a 10, ¿qué puntuación le darías a la actividad?

Figura 1. Encuesta de calidad que deben responder los alumnos participantes al finalizar cada reto del proyecto.

La explicación anterior forma parte de la breve introducción que se ofrece a los alumnos con la finalidad de ponerlos en contexto, así como homogeneizar y actualizar el conocimiento que de estos organismos tiene el alumnado de los centros educativos de enseñanza secundaria obligatoria y bachillerato de la isla. En esta primera toma de contacto con el proyecto se les expone una breve presentación con información relacionada con el planeta rojo, siendo ésta parte de la base de los experimentos que se realizarán posteriormente con los líquenes.



Figura 2a. (izquierda): Observación al microscopio estereoscópico de muestras de líquenes.

Figura 2b. (derecha): muestras de líquenes sometidos a distintos ambientes estresantes.

La experiencia se inicia un lunes, los experimentos se realizan todos los días de la semana (hasta el jueves) y se termina el viernes, con el análisis y la discusión de los resultados. Durante el primer día, el alumnado se enfrentará al manejo del microscopio estereoscópico y al microscopio óptico para la visualización macroscópica y microscópica de distintas estructuras líquénicas (talo, isidios, apotecios, estructura talina, algas, hifas, etc.). Para la visualización de las estructuras microscópicas

(véase **figura 2a**), el alumnado ha de realizar cortes de estructuras haciendo uso de una cuchilla y el microscopio estereoscópico, los ha de dibujar y anotar las principales características de las estructuras observadas.

Posteriormente, se separan varios fragmentos de talo líquénico para someterlos a diversos ambientes estresantes (radiación UV, microondas y salmuera). Por otro lado, se preparan placas de Petri con agar (preparadas por el alumnado) y se siembran isidios (que son desprendidos del talo con la ayuda de una cuchilla) y esporas (pegando a la tapa de la placa de Petri un apotecio con el himenio dirigido hacia el agar). Las placas de Petri son introducidas el primer día en la estufa y solo se extrae el último día para su observación en el microscopio estereoscópico.

Tres fragmentos de talos líquénicos se exponen a luz UV durante 10 minutos, 1 minuto de microondas (de forma intermitente, a pulsos de 5 segundos cada uno), y 1 minuto de inmersión en salmuera. Un último fragmento se somete a los tres tratamientos. Cada día, se repiten los tratamientos y el último día se observan los 4 fragmentos macro- y microscópicamente, haciendo para ello las mismas preparaciones que se habían realizado el primer día. Así, el alumnado pudo observar los posibles cambios estructurales en el talo líquénico, o los cambios en forma y color de los fotobiontes (véase **figura 2b**).

2. Sedimentos y vida

Martes, 3 horas

Área involucrada: geología

En este taller se acerca al alumnado a un área poco conocida de la geología, la sedimentología, que se complementa con la idea de que si en Marte hay vida, tal y como la entendemos en nuestro planeta, lo más razonable y esperable es que estas formas de vida sean microorganismos. Se han diseñado varias experiencias que se llevan a cabo después de una charla introductoria que les ayude a comprender qué estamos haciendo y bajo qué premisas actuamos.

La primera experiencia consiste en determinar la granulometría de sedimentos; en este caso se emplean piroclastos provenientes de la última erupción volcánica de Canarias (La Palma, septiembre 2021) y sedimentos de arena de playa (véase **figura 3a**). Para hacer más visual la experiencia, tras haber realizado el tamizado del sedimento empleando tamices de varios tamaños de luz de malla y separar el rango de materiales comprendido entre gravas, arenas y limos, el alumnado pegó en una cartulina tamaño A5 parte de los sedimentos separados, anotando también el tamaño de grano y el nombre que recibe cada fracción del sedimento. Este producto se lo podrán llevar a casa.



Figura 3a. Detalle de la separación granulométrica.



Figura 3b. Resultado final de la experiencia de genética; en el recuadro el material genético separado.

La segunda experiencia consiste en inocular en placas de Petri preparadas con medio de cultivo generalista semisólido PDA (*Potato Dextrose Agar*) 1 mL de muestra en una disolución del sedimento que han separado previamente. La finalidad de esta experiencia es que, tras mantener las placas en una estufa 48 horas a 35°C, sean capaces de observar las diferentes formas de vida microscópicas aerobias que son capaces de vivir en los diferentes sustratos trabajados, aunque no hayamos sido capaces de observarlas en la experiencia anterior:

La última experiencia consiste en realizar un experimento de separación de material genético de las células. A los alumnos se les explica que en el contexto de la exploración marciana, este material genético puede encontrarse mezclado con otras muestras recogidas por los rovers (sedimentos, rocas, ...). Esta última experiencia se ha propuesto para que comprendan que, cuando se buscan formas de vida, se pueden utilizar diferentes metodologías en función de la celeridad y las condiciones de trabajo que se tengan en el momento. Así pues, los materiales empleados en esta experiencia fueron de bajo costo, entre ellos: sal común, agua destilada, jabón líquido, líquido de lentillas y alcohol 96° en frío (véase **figura 3b**). Como muestra para extraer el material genético se empleó un cultivo bacteriano líquido de bajo riesgo para el alumnado.

3. Química

Miércoles, 3 horas

Área involucrada: química

Existen numerosas aplicaciones de la química a la exploración espacial pero, sin duda, una de las más atractivas para el alumnado de secundaria es el uso de las reacciones químicas para la propulsión de cohetes. Además, al usar una reacción química (ácido acético con bicarbonato de sodio) podemos tratar conceptos específicos de la química como relación estequiométrica, sustancia limitante y ecuación de los gases ideales, y otros más generales de la ciencia como la optimización, el principio de acción y reacción, el uso de gráficas y la comunidad científica.

La actividad principal consiste en combinar distintas cantidades de bicarbonato de sodio y vinagre de mesa y medir el volumen de gas (dióxido de carbono) producido en la reacción con el fin de encontrar la proporción óptima de estos dos componentes que maximiza el volumen de gas al mismo tiempo que minimiza el peso de los reactivos; esto es fundamental, puesto que cada kilogramo que se envía al espacio tiene un coste muy elevado. Esta información se utiliza, junto con la ecuación de los gases ideales, para obtener una determinada presión en un recipiente cerrado que servirá de prototipo de motor de un cohete.

La actividad se lleva a cabo en 5 fases distintas. Se empieza con una introducción donde se habla de dinámica de cohetes y la historia de la exploración espacial. Se prosigue la parte más experimental, consistente en colocar una determinada cantidad de vinagre de mesa (ácido acético al 6%) en un matraz Erlenmeyer; añadir bicarbonato de

sodio, recoger el gas producido a través de un tubo de goma colocado en el tapón del matraz y medir su volumen en un vaso de precipitados colocado en una cubeta con agua (véase **figura 4**). Se recomienda introducir el bicarbonato dentro de un trozo de papel absorbente para retrasar unos segundos la reacción y también añadir algo de agua junto al vinagre para facilitar el contacto entre los reactivos. Posteriormente se guía al alumnado en el diseño de un experimento en que se mantiene constante uno de los reactivos (cantidad de bicarbonato) y se modifica el otro para encontrar la proporción óptima entre las dos sustancias.



Figura 4. Recogida y medición del CO_2 producido en la mezcla de bicarbonato de sodio y ácido acético.

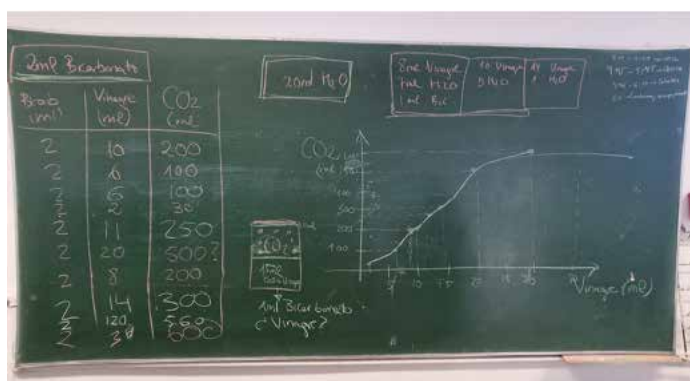


Figura 5. Elaboración de las tablas y gráficas obtenidas en el experimento de obtención de CO_2 .



Figura 6. Discusión de los resultados obtenidos en el experimento de obtención de CO_2 .

En la fase 4 de la actividad, los alumnos van apuntando en una pizarra los datos obtenidos y se va dibujando una gráfica con ellos (**figura 5**). Dado que cada grupo de alumnos usa distintas proporciones de reactivos, la gráfica generada es producto del trabajo cooperativo, fomentando así la idea de comunidad científica y cooperación. Mediante la discusión grupal (**figura 6**) se guía al alumnado en la comprensión de los resultados obtenidos, en este caso la obtención del punto (en la gráfica) en que la proporción de los reactivos es la óptima (cambio de pendiente en la curva). Se introduce el concepto de sustancia limitante. En la última fase de la actividad se utiliza un bote de carrete de fotos (film canister) con un volumen de 35 ml como prototipo de cohete. Al introducir los reactivos, el gas hace aumentar la presión dentro del bote hasta

hacerlo saltar. Se propone al alumnado utilizar la ecuación de los gases ideales y los resultados del experimento anterior para encontrar la cantidad de reactivo necesaria para lograr una presión de 10 atm dentro del recipiente. Para ello se considera que la presión del gas en el experimento anterior es de 1 atm.

4. La luz, la herramienta de trabajo de la astrofísica

Jueves, 2 horas

Área involucrada: física

Este taller comienza con un primer acercamiento de los alumnos al mundo de la astrofísica. Se presenta como una ciencia peculiar en la que, a pesar de disponer del mayor laboratorio posible, el Universo, generalmente no se pueden obtener muestras para analizar; sólo se puede observar y extraer información de la luz que nos llega de los objetos de estudio. Para ello, la astrofísica trabaja bajo la premisa de que las leyes de la física, la química, la biología, etc. que hemos desarrollado en nuestro planeta, la Tierra, son las mismas en cualquier lugar del Universo.

A partir de una imagen concreta en la que aparecen muchas personas en la grada de un campo de fútbol, se propone una primera actividad: "si fueran astrofísicos extraterrestres, y esta fuera la primera imagen que obtienen del planeta Tierra, qué información podrían extraer del análisis de esta imagen?". Los objetivos de esta sencilla actividad son principalmente dos: profundizar en conceptos básicos de estadística (por ej., qué porcentaje de personas van vestidas de un color específico - como equivalencia a los distintos tipos y colores

de las estrellas) y transmitir la necesidad de obtener más datos para verificar o descartar hipótesis, modelos o teorías científicas.



Figura 7. Cálculo de las propiedades ópticas de una serie de lentes.

una vez ha atravesado esa lente con un transportador. Los estudiantes anotan el ángulo del rayo de salida para una serie de ángulos de incidencia propuestos y construyen una gráfica (véase **figura 7**). También se explica el ojo humano como un sistema óptico y se juega a encontrar la lente adecuada para corregir la miopía y la hipermetropía. Si alguno de los alumnos lleva gafas, se le invita a utilizarlas como elemento óptico en esta actividad y ver cómo el cristal de la gafa refracta varios rayos de luz paralelos.

Para concluir con esta actividad, se experimenta con la refracción de la luz blanca a través de un prisma, viendo cómo se separan los colores. Si se tiene accesible una ventana por la que entre la luz solar, se puede proyectar el “arco iris” del Sol sobre una pared situando uno de los prismas en esa ventana. Se pasa a explicar entonces que la luz blanca está formada por la mezcla de luz de distintos colores y que cuando esa luz blanca atraviesa un prisma cada uno de los colores se refracta con un ángulo ligeramente diferente. Se introduce entonces la idea de luz como una onda que se propaga y se explican los conceptos de longitud de onda y frecuencia. Se explica también que la luz no sólo tiene los colores que ven nuestros ojos, sino que hay muchos más “colores” que nuestros ojos no pueden percibir como, por ejemplo, los rayos X, ultravioleta, infrarrojos o las ondas de radio. Se comenta que el ingenio del ser humano ha permitido fabricar instrumentos que nos permiten observar el universo en luz de frecuencias muy diversas como las enumeradas. Se muestran en este punto las imágenes en rayos X, luz visible y ondas de radio de la galaxia Centaurus A, y se recuerda la importancia de obtener datos adicionales en ciencia para poder verificar o descartar modelos o teorías. Se explica entonces la importancia de separar en sus distintos colores la luz que observamos de las estrellas, galaxias, etc., porque es lo que nos va a permitir conocer de qué elementos químicos están compuestos, ya que cada elemento químico tiene una descomposición de colores característica y única, a modo de huella dactilar.

En este momento, los alumnos realizan una nueva actividad en la que se propone identificar de qué está hecha una estrella (se dispone de lámparas de H, He, Mg y Ar como símil de “estrella”), y los estudiantes deben observar el espectro de estas lámparas a través de una lámina de difracción (véase **figura 8**). Comparando lo que observan con los modelos “observados en la Tierra”, deben averiguar de qué elemento químico se trata. Finalmente, se explica que el espectro de un objeto celeste no sólo nos va a permitir conocer su composición química,

Se pasa entonces a explicar algunas propiedades básicas de la luz, como la reflexión y la refracción. Se muestran diferentes tipos de espejos (planos, cóncavos o convexos) y lentes (convergentes y divergentes). Se propone una segunda actividad sencilla, en la que se muestran fenómenos de reflexión y refracción de la luz en imágenes cotidianas (por ej. imagen de un paisaje reflejado en el agua de un lago tranquilo) y se debe identificar de qué propiedad de la luz se trata. En este punto, se introducen los sistemas ópticos, como los telescopios, que utilizan estas propiedades de la luz para su funcionamiento y se pasa a una actividad interactiva para que los alumnos experimenten con las propiedades de la luz. Para esta actividad se cuenta con un juego comercial de lentes con varias fuentes de luz. Se explica el concepto de foco y se experimenta con lentes convergentes y divergentes, viendo el efecto sobre los rayos de luz. En esta actividad, además de experimentar con los conceptos introducidos en la explicación (refracción, reflexión, sistemas ópticos), se trabajan también conceptos matemáticos, como la representación gráfica. En concreto, se experimenta con la ley de Snell, midiendo el ángulo de incidencia de un rayo de luz sobre una lente semicircular y el ángulo del rayo refractado



Figura 8. Observación del espectro de luz de una serie de lámparas a través de redes de difracción.

sino también si ese objeto se encuentra en movimiento. Se introduce aquí el concepto de efecto Doppler y se enumeran algunas aplicaciones en astrofísica (tales como detección de exoplanetas por el método de las velocidades radiales, rotación de las galaxias o medida de la expansión del Universo).



Figura 9. Vista del prototipo desarrollado para conectar dos servomotores a una placa Arduino y a bloques de construcción.

5. Robots imitando la naturaleza

Jueves, 1 hora y viernes, 2 horas

Área involucrada: robótica

Esta actividad es eminentemente práctica. Se les plantea a los alumnos el hecho que las próximas misiones robóticas a Marte las llevarán a cabo ingenios que poco tienen que ver con los actuales rovers con ruedas. Los futuros robots tendrán patas y caminarán y sortearán obstáculos en la superficie marciana. Para hacer la actividad más dinámica y atractiva, los alumnos tendrán como material básico de trabajo un conjunto de bloques de construcción del tipo LEGO.

Cada grupo de alumnos recibirá dos servomotores colocados perpendicularmente entre sí y que están conectados a una placa Arduino pre-programada, que hace que los servomotores giren 20 grados en ambas direcciones (véase **figura 9**). Se pide a los estudiantes que conecten estos servos a las

piezas de bloques de construcción que consideren para construir un robot que sea capaz de desplazarse.

La actividad resulta un auténtico reto para los alumnos, por lo que pasado un tiempo prudencial (1 hora), se les indica que piensen en cómo se desplazan distintos tipos de animales y cómo funcionan sus extremidades. Con estas pistas empiezan a entender la función de los dos servomotores (básicamente equivalen a una cadera o a un hombro). Finalmente se lleva a cabo una pequeña competición para probar los distintos diseños realizados (**figura 10**). La idea detrás de esta actividad es que comprendan la necesidad que tiene la robótica de campos científicos más clásicos, como la biología.



Figura 10. Competición entre los distintos diseños de robots.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En esta fase de pilotaje el proyecto, parcialmente o en su totalidad, ha sido llevado a cabo por unos 340 alumnos y unos 40 profesores de secundaria. Del análisis preliminar de las encuestas de valoración y calidad podemos sacar ciertas conclusiones:

1. A los alumnos les gusta esta forma práctica y contextualizada de acercarse a la ciencia.
2. Han comprendido la conexión entre distintas ramas de la ciencia para perseguir un objetivo común, en este caso el estudio de Marte
3. En general, los alumnos presentan deficiencias a la hora de llevar a cabo experimentos e investigaciones de manera autónoma.
4. La gran mayoría de los alumnos no conocen las normas de funcionamiento y seguridad de los laboratorios y muchos no han usado nunca instrumentos como el microscopio.

En cualquier caso, el proyecto ha permitido poner en marcha el laboratorio del área de didáctica de las ciencias de la Universidad de La Laguna. Este laboratorio se ha ambientado en el contexto de la exploración marciana, lo que le da un carácter innovador y motivador para el alumnado.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ha sido financiado por la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT), la Universidad de La Laguna y el Instituto de Astrofísica de Canarias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://mars.nasa.gov/education/resources.html>
- [2] <https://mars.wingsofeagles.com/>
- [3] <https://www.themarslab.org/unit/60-minutes-on-mars/>
- [4] <https://www.msichicago.org/education/field-trips/learning-labs/mars-2040/>
- [5] <https://www.americangeosciences.org/sites/default/files/education-nasatriad-IsWaterOnMars.pdf>
- [6] https://www.nasa.gov/audience/foreducators/topnav/materials/listbytype/Astrobiology_Math.html
- [7] Szott, A. (2014) Open-ended laboratory investigations in a high school physics course: The difficulties and rewards of implementing inquiry-based learning in a physics lab. *The Physics Teacher* 52(1), 17.

LAS IDEAS PREVIAS Y EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA EN CICLOS FORMATIVOS

Adrián Fuente Ballesteros, Mercedes Ruiz Pastrana

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática, Facultad de Educación y Trabajo Social, Universidad de Valladolid. Valladolid.

Dirección de correspondencia: adriandelafuenteballesteros@gmail.com

Palabras clave: enseñanza de la química; ideas previas; preconcepciones erróneas; propuesta de innovación; formación profesional.

Keywords: chemistry teaching; previous ideas; preconceived misconceptions; innovation proposal; vocational education and training.

Resumen

Una de las líneas de investigación más relevantes en el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales es el estudio sobre las ideas previas de los alumnos con la finalidad de que estos construyan un aprendizaje significativo mediante las estrategias establecidas por el docente. En este trabajo se presenta una propuesta de innovación educativa, en el ámbito de la química, dirigida a los alumnos del Ciclo Formativo de Grado Medio en Farmacia y Parafarmacia. En concreto, se ha elaborado un estudio en un centro de enseñanza concertado que versa sobre la detección de concepciones erróneas preconcebidas en alumnos de Formación Profesional trabajando las ideas previas. Para ello, se ha diseñado y llevado a cabo una intervención didáctica adaptada a la Unidad 9 del Grado Medio: Disoluciones, Diluciones y Densidad, encuadrada dentro de los contenidos básicos según el Real Decreto 1689/2007. En dicha unidad se combinan contenidos, tanto teóricos como prácticos, empleando como instrumento un cuestionario para conseguir una visión individual y global del tipo de alumnado con el que se trabaja. Los resultados obtenidos muestran la efectividad de la metodología utilizada y la influencia del contexto en la procedencia de las concepciones, cuyo origen es heterogéneo y generalmente desconocido en este tipo de estudios. Además, se ha verificado cómo estos problemas se reducen sustancialmente cuando el docente diseña estrategias que inducen el cambio conceptual y se realizan explicaciones pausadas considerando las particularidades de los alumnos.

Abstract

One of the most relevant lines of research in the area of Didactics of Experimental Sciences is the study of previous ideas or preconceived misconceptions the students may have, so that they could achieve meaningful learning through the strategies established by the teacher. This project presents a proposal of innovation in the field of Chemistry aimed at the students of Vocational Education and Training in Pharmacy and Parapharmacy. A study dealing with the detection of preconceived misconceptions in vocational training students has been specifically developed in a charter school by working on these previous ideas. In order to do this, a didactic intervention adapted to Unit 9 of Vocational Education and Training: Solutions, Dilutions and Density, has been designed and implemented in the classroom, framed within the basic contents according to Royal Decree 1689/2007. In this unit both technical and practical topics are combined using a questionnaire as an instrument to get a global and individual view of the type of students we have worked with. The results obtained show the effectiveness of the methodology used and the influence of the context on the provenance of the conceptions, whose origin is heterogeneous and generally unknown. In addition, it has been verified how these problems are substantially reduced when the teacher designs strategies that induce conceptual change and slow explanations are made considering the particularities of the students.

ABREVIATURAS

CFGM (Ciclo Formativo de Grado Medio); **CFGS** (Ciclo Formativo de Grado Superior); **ESO** (Educación Secundaria Obligatoria); **FP** (Formación Profesional); **MAP** (Mínimo Antes de la Ponderación); **PNT** (Procedimiento Normalizado de Trabajo); **TIC** (Tecnologías de la Información y la Comunicación); **ODS** (Objetivos de Desarrollo Sostenible).

INTRODUCCIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Este trabajo consiste en el diseño e implementación de una propuesta didáctica y para su desarrollo se ha tomado como punto de partida la experiencia, la información y la toma de datos realizada en el Centro Gregorio Fernández (Valladolid, España). En el Ciclo Formativo de Grado Medio de Farmacia y Parafarmacia se ha implementado una intervención didáctica adaptada a la Unidad 9: Disoluciones, Diluciones y Densidad aplicando una metodología constructivista partiendo de las ideas previas de los alumnos. Para conocer cuál es la situación de partida de la temática que aborda esta propuesta, se ha llevado a cabo una amplia revisión bibliográfica, tanto en lo referente a las metodologías utilizadas para la enseñanza de las ciencias como en relación a las preconcepciones erróneas y estudios previos realizados. Además, se ha elaborado un cuestionario para la toma de datos.

Por otro lado, nos hemos percatado de la escasez de estudios previos, es decir, de la poca información que se tiene sobre el aprendizaje del alumnado en ciclos formativos de formación profesional (FP). Por ello, se ha procedido a identificar las ideas previas que tienen los alumnos aplicándolo a una unidad didáctica básica para la comprensión y el estudio de la química.

En el área de la Didáctica de las Ciencias se persigue un aprendizaje significativo que busca relacionar la información nueva con la que ya se posee. Por ello hay que tener en cuenta: i) la diversidad y aleatoriedad de las concepciones previas, debida a la gran heterogeneidad del alumnado, ii) su resistencia al cambio y transmisibilidad y iii) considerar que el rol del docente ha de ser diseñar estrategias que permitan detectar y modificar dichas ideas erróneas.

OBJETIVOS

El objetivo general que se pretende alcanzar es identificar las ideas previas de los alumnos en un Centro de Formación Profesional de Grado Medio en Farmacia y Parafarmacia del módulo Operaciones Básicas de Laboratorio, aplicándolo a una unidad didáctica del programa de la asignatura.

Los objetivos específicos se enumeran a continuación:

1. Aplicar con los alumnos estrategias para lograr un aprendizaje significativo alejado del memorístico, empleando una metodología constructivista basada en la detección de ideas erróneas mediante la activación de los conocimientos previos.
2. Hacer aflorar los conocimientos previos que tienen los alumnos. Los resultados se utilizarán para mejorar la intervención y la práctica docente.
3. Realizar un análisis crítico sobre la enseñanza de las ciencias y la problemática asociada al aprendizaje de los contenidos.
4. Conseguir un aprendizaje de calidad y perdurable en el tiempo.

MARCO TEÓRICO

La educación hoy en día se centra en los más jóvenes con el objetivo, no tanto de ampliar conocimientos, sino de proporcionar las herramientas para que por sí mismos edifiquen su futuro. En concreto, la educación en ciencias es un instrumento de formación, tanto personal como profesional, a través del cual el alumno adquiere un conjunto de valores que posibilitan su desarrollo pleno en la sociedad [1].

El panorama actual español no pone atención en el rol que ejercen los profesores con el propósito de esculpir un sistema educativo que mejore en calidad. La figura y presencia del docente es primordial, pro-

fesional, competente e indiscutible y ha de emplear la enseñanza basada en la indagación para conocer su propio desempeño y los obstáculos que presentan los alumnos en su proceso de formación [2]. Se espera dejar atrás la enseñanza puramente memorística y pasar a un modelo donde prime el aprendizaje significativo considerando las características individuales de los estudiantes.

En este caso, una de las líneas de investigación que más auge ha cobrado en las últimas décadas ha sido el estudio de las ideas erróneas preconcebidas en el ámbito científico. Sin embargo, la bibliografía que podemos encontrar acerca de esta temática en el ámbito de la FP es escasa y en la mayoría de las ocasiones no se establecen soluciones, causas o el origen.

El cerebro se constituye a base de un conjunto de esquemas mentales extendidos entre todas las culturas, de manera que, antes de producirse el aprendizaje relacional, los alumnos ya poseen unos conocimientos previos en los cuales se apoyan para construir los nuevos. Este hecho, sumado al empleo de analogías incorrectas en la vida cotidiana y en los medios de comunicación, y el uso de un lenguaje inapropiado, produce un aprendizaje deficiente. Los orígenes de las ideas previas son, por tanto, muy heterogéneos y es evidente que el proceso pedagógico también tiene lugar fuera del aula [3].

En relación al tipo de enseñanza recibida, el docente ha de prestar atención a las capacidades individuales de sus alumnos y debe saber que en cada curso académico probablemente tratará con estudiantes de distintas capacidades y diferente procedencia. Si los conceptos se transmiten de generación en generación, pero no se hace hincapié en las ideas erróneas preconcebidas, entonces el problema se agrava aún más. Del mismo modo, en numerosas ocasiones los profesores fácilmente culpan indebidamente a los alumnos de este asunto sin haber realizado previamente ellos mismos un análisis retrospectivo y autocrítico de su actividad docente [4].

El aspecto más estrepitoso es el elevado número de estudiantes que comete estos fallos en conceptos básicos con los que se trabaja de manera continua. Generalmente suelen ser ideas persistentes, extendidas y transmisibles. No obstante, no todo el peso recae en la persona, sino que este problema se ve perjudicado enormemente por una multitud de factores entre los cuales destacan: contexto, economía, edad, actitud y situación personal [5].

Por otro lado, como los tiempos cambian tan rápidamente, los docentes y los alumnos tienen que adaptarse a las nuevas circunstancias y estar en continuo aprendizaje. Los avances tan rápidos en ciencia y tecnología han provocado que exista un excesivo flujo de información. Así, la educación se ha visto difuminada por el fuerte poder de los medios de comunicación, especialmente en lo referente a televisión y publicidad.

En el ámbito de la didáctica de las ciencias existen distintos métodos pedagógicos de enseñanza, desde los más primitivos, como el aprendizaje memorístico o por recepción, hasta otros más actuales como el aprendizaje significativo. Este último se basa en asociar la información nueva con la que ya se posee y para ello es preciso hablar de las ideas previas, que son concepciones diversas y aleatorias cuyo origen nace por la necesidad de dar respuesta a lo que nos rodea. Sin embargo, el problema radica en que las preconcepciones erróneas son resistentes al cambio y transmisibles, de manera que el rol del docente ha de ser diseñar estrategias que permitan detectar y modificar dichas ideas [3-5]. Esto se conseguirá a través de una construcción del propio aprendizaje, empleando un modelo constructivista que induzca el cambio conceptual.

IDEAS PREVIAS

El currículo español considera que el alumno debe construir su propio aprendizaje con la guía del profesor y transformar sus ideas preconcebidas en conceptos e ideas con rigor científico. En esta transformación no solo participan el profesor y el estudiante, sino que, como veremos, influyen otras variables [5, 6]. En relación a ello, cabe plantearnos cuáles son los factores que hacen que este proceso tenga éxito o no y es en este punto donde surge el objeto de estudio de este trabajo, las ideas previas, concepciones alternativas o preconcepciones espontáneas. Aunque contamos con información de las ideas previas del alumnado, obtener beneficio de este conocimiento con fines didácticos es complicado dada la diversidad de las concepciones. Aun así, se pueden establecer una serie de características comunes acerca de las ideas previas [5, 6]:

- a. Son fuertemente resistentes al cambio, dado que se trata de conceptos muy arraigados y asentados en las estructuras cognitivas.

- b. Están determinadas por una gran diversidad de factores: edad, idioma, cultura, tecnologías, medios de comunicación y calidad de la educación, entre otros muchos.
- c. Se transmiten fácilmente de generación en generación y en ambientes informales.
- d. Establecen una conexión con explicaciones de fenómenos naturales y rutinarios.
- e. En algunas ocasiones los docentes no saben identificarlas ya que ellos mismos poseen concepciones erróneas; en otras, se emplean paralelismos incongruentes que deterioran el sistema educativo.
- f. Son de naturaleza implícita y contradictoria, esto es, los alumnos no son conscientes de que las poseen y un mismo estudiante puede explicar el mismo concepto desde dos puntos de vista distintos.
- g. Obstaculizan la educación científica y se refuerzan con el lenguaje vulgar.

Por otro lado, el origen de las ideas previas se relaciona con la necesidad de dar respuesta a todo lo que nos rodea en la sociedad, elaborando nuestras propias teorías y esquemas mentales. Generalmente, éstas se asocian con la observación, percepción y escucha, aunque también se crean vínculos con los prejuicios, suposiciones, experiencias personales y malas asimilaciones en el medio extraescolar [3, 4].

Por último, hemos de recalcar que el estudio de las ideas preconcebidas para lograr un pensamiento crítico, un razonamiento lógico y un aprendizaje significativo es una tarea ardua. Además, en este ámbito no sólo intervienen los conceptos propiamente erróneos, sino que cabría considerar otros aspectos como el nivel de abstracción y dificultad que implican algunos términos, la actitud de los alumnos hacia la ciencia, las carencias en la formación psicopedagógica del profesorado y la aplicación de metodologías tradicionales en el aula [7].

METODOLOGÍA

La metodología que se ha utilizado se ha basado en detectar las ideas erróneas y presenta un carácter dual. En primer lugar, es una investigación cualitativa de diseño descriptivo-interpretativo, basada en detectar las ideas erróneas preconcebidas. En segundo lugar, presenta una naturaleza eminentemente pragmática dado que incluye el diseño y la implementación de la unidad didáctica. Se ha trabajado con 29 alumnos en el primer curso del Ciclo Formativo de Farmacia y Parafarmacia empleando las siguientes técnicas e instrumentos para recabar información desde distintos puntos de vista (triangulación): i) realización de una encuesta a través de un cuestionario de elaboración propia, ii) observación en tiempo real y como participante y iii) análisis de documentos escritos. En este punto cabe destacar la gran heterogeneidad del alumnado que nos encontramos en ciclos formativos tanto en lo referente a su edad como a estudios y formación previa.

Además, la propuesta de intervención también constituye un instrumento en sí misma, ya que ha sido el mecanismo mediante el cual se han obtenido los resultados y conclusiones.

El profesor hará hincapié en sus explicaciones interaccionando con los alumnos a través de la lluvia de ideas (enfoque constructivista) empleando como fenómeno psicológico de contraste el conflicto cognitivo para recoger las ideas previas. Incitará a los estudiantes a que sean partícipes y empleen sus recuerdos y aprendizajes anteriores para progresivamente desarrollar el temario. Además, el docente cuestionará, aportará, contrastará y rebatirá las respuestas inexactas de los estudiantes si es necesario empleando contraejemplos o, en su defecto, introducirá el concepto correcto rechazando las ideas equivocadas y sugiriendo preguntas. De este modo, se establecerá un flujo de información bidireccional que generará debate induciendo al reordenamiento y ampliación del conocimiento.

PROPUESTA DE INNOVACIÓN

La propuesta de innovación educativa se ha dividido en una serie de apartados: i) introducción, ii) competencias básicas, iii) objetivos, iv) resultados de aprendizaje y criterios de evaluación, v) contenidos, vi) actividades de enseñanza-aprendizaje, vii) metodología de la propuesta, viii) evaluación del aprendizaje de los alumnos, ix) evaluación de la propuesta, del proceso de enseñanza-aprendizaje y de la práctica docente, x) atención a la diversidad y xi) recursos didácticos.

Los contenidos formativos que abarcan la unidad didáctica son: i) definición de disolución y sus componentes, ii) tipos de disolventes, iii) concepto de concentración y formas de expresarla, iv) diluciones, v) densidad: concepto y expresión matemática, vi) métodos de determinación de la densidad en sólidos y material necesario para realizarlos, vii) método de la probeta, viii) método de Arquímedes, ix) método del picnómetro, x) métodos de determinación de la densidad en líquidos y material necesario para realizarlos, xi) métodos de medida y pesada de volúmenes exactos, xii) método con picnómetro para líquidos y xiii) método del densímetro. Hay que resaltar que los contenidos que se tratan en este Ciclo Formativo de Grado Medio (CFGM) son intermedios entre los conceptos que se han tratado previamente en 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y los que se estudian en el Ciclo Formativo de Grado Superior (CFGS) de laboratorio.

A pesar de que los objetivos de la unidad didáctica son múltiples y están relacionados con la temática en cuestión, el objetivo principal es que el alumno prepare con soltura y seguridad disoluciones sin errores en el cálculo ni en la identificación de reactivos [8]. Los objetivos secundarios son: i) definir el concepto de disolución y sus componentes, ii) conocer los disolventes más utilizados, iii) manejar el concepto de concentración y sus formas de expresarla, iv) diferenciar entre disolución y dilución, v) saber preparar disoluciones a partir de sus componentes y por dilución, vi) entender el concepto de densidad y saber expresarla con sus correspondientes unidades, vii) diferenciar entre densidad absoluta y relativa, y viii) determinar la densidad de sólidos y líquidos por distintos métodos.

Se han seleccionado 20 h para impartir la unidad didáctica en cuestión y 13 sesiones (6h/semana) que combinan actividades teórico-prácticas. Considerando que las clases son de 50 o 100 min, el desglose es el siguiente: 6 h teoría y ejercicios, 9 h prácticas de laboratorio, 3 h informática y 2 h de examen. Las experiencias de laboratorio efectuadas combinan procedimientos normalizados de trabajo (PNT) con elaboraciones de productos farmacéuticos y prácticas más lúdicas e interactivas (**tabla 1**). Para proceder con este diseño se ha tenido en cuenta el horario de la asignatura, así como la duración de las clases.

Tabla 1. Prácticas de laboratorio de la unidad didáctica.

Tema 9: Disoluciones, diluciones y densidad
Elaboración de jabón a partir de aceite nuevo y reutilizado
PNT del agitador magnético
Preparación de una mezcla para cuero cabelludo
Preparación de polvos pédicos y PNT de los papelillos
Determinación de densidades de sólidos y líquidos
Dilución: elaboración de un limpiador para el laboratorio
Disoluciones: experimento de la botella azul

El orden secuencial seguido en el aula ha sido el siguiente. Primeramente, el profesor realiza un breve resumen de la clase anterior para, seguidamente, comenzar con la explicación del temario empleando la metodología descrita. El profesor al inicio de la unidad proporciona material elaborado por él mismo y la bibliografía complementaria. Del mismo modo, presenta a los alumnos ejercicios ya resueltos que sirvan de base. En otras ocasiones, propone a la clase la resolución de éstos de manera individual o grupal. En el laboratorio, el profesor supervisa las distintas tareas dando las indicaciones oportunas. En todo momento, se pretende fomentar el autoaprendizaje y el aprendizaje colaborativo a través de la competencia digital de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y, además, se inculcan competencias personales y sociales.

Los procedimientos de evaluación del alumno son tres: i) observación directa del trabajo diario en el aula y en el laboratorio, ii) actividades y trabajos individuales y en grupo, y iii) pruebas objetivas teóricas y prácticas. Además, los instrumentos de evaluación usados por el docente son: el cuaderno del profesor, documentos escritos, anotaciones recogidas en la plataforma Moodle y el cuaderno de laboratorio. La adquisición de los aprendizajes se ha medido usando los marcos de evaluación de la **tabla 2**.

Tabla 2. Marcos de evaluación de la unidad didáctica.

Marco de evaluación	Ponderación (%)	Mínimo antes de la ponderación (MAP)
Examen final	30	5
Pruebas prácticas	50	5
Trabajos y notas de clase	20	5

Simultáneamente, se ha realizado una evaluación de la propuesta, del proceso de enseñanza y de la práctica docente a través de la realización de dos cuestionarios (profesor y alumno) de elaboración propia y respuesta cerrada.

Las medidas que se adoptarán para la atención a la diversidad serán de naturaleza individual elaborando informes que incluyan las adaptaciones de acceso al currículo o curriculares. En cada caso particular, se establecerán los métodos pertinentes para fomentar el aprendizaje de los alumnos.

Por otro lado, respecto de los elementos transversales se pretende trabajar: i) la competencia oral y escrita a través de las exposiciones orales, lluvia de ideas planteadas por el profesor, corrección de ejercicios, realización de exámenes, etc., ii) la competencia profesional a través de salidas programadas y el contacto con expertos, iii) la competencia objetivos de desarrollo sostenible (ODS) con la participación en el plan integral de residuos del centro, y iv) la competencia digital utilizando el laboratorio de informática.

RESULTADOS

La metodología descrita ha evidenciado distintos tipos de conflictos en el aprendizaje de las ciencias (tabla 3).

Tabla 3. Conflictos en el aprendizaje de las ciencias.

Conceptuales	Procedimentales
Peso y masa	Desconocimiento de la fórmula a aplicar
Disolución saturada y sobresaturada	Realización de 'ejercicios tipo'
Glucosa, sacarosa y fructosa	La masa molar se calcula considerando únicamente las masas atómicas
Valencia y número de oxidación	Uso de la balanza analítica
Dilución y disolución	El valor del pH puede ser negativo
El agua no es un anfolito	Unidades de densidad en diferentes sistemas de unidades
El indicador azul metileno es un líquido	La fórmula % m/v se expresa solamente en g/mL

Los errores conceptuales se ponen de manifiesto sobre todo al usar dos palabras como sinónimos de forma incorrecta, como por ejemplo peso y masa, o bien al utilizar palabras que se parecen pero tienen distinto significado, como dilución y disolución. Los errores procedimentales tienen lugar a la hora de realizar problemas ya que, por ejemplo, en lugar de razonar, los alumnos se limitan a aplicar una fórmula y desconocen en muchos casos cuáles son las expresiones que hay que aplicar en cada ejercicio. Además, los estudiantes en clase se limitan a copiar y realizar los 'ejercicios tipo' que vienen en el libro de texto resueltos y a dilucidar en el examen si existe alguna analogía para seguir el mismo protocolo. Para que este proceso sea beneficioso, el alumno tiene que utilizar sus conocimientos para ser capaz de aplicarlos en otro contexto y conseguir resolver cualquier problema que se le proponga. Por último, los conflictos actitudinales son los más complejos ya que en ellos de nuevo influye el factor contexto que rodea a cada alumno. En este caso, cabría incluir el modo de comportarse en el aula, el cumplimiento de las normas, mostrar una actitud positiva, manifestar valores de respeto y empatía, etc.

Paralelamente, se han encontrado situaciones de falta de conocimientos y destrezas, expresadas por los alumnos (expresiones verbales o escritas y operaciones en trabajos, ejercicios o exámenes), entre las que destacan: i) manejo de la calculadora, ii) empleo del alfabeto griego, iii) interpretación de los datos del enunciado, iv) identificar soluto y disolvente, v) despejar la incógnita en expresiones matemáticas, vi) realizar cambios de unidades, vii)

diferenciar entre lectura macro y microscópica, viii) conocer los elementos de la tabla periódica, ix) comprender el significado del factor de dilución y, x) conocer los conceptos de parte por millón y elemento traza.

Simultáneamente, la corrección de los cuadernos o memorias de laboratorio ha evidenciado también problemas importantes, no tanto en relación a conceptos erróneos preconcebidos sino a descuidos o falta de interés en su elaboración. Algunos de los aspectos más representativos ordenados de mayor a menor frecuencia se enumeran a continuación: i) faltas de ortografía, sobre todo predomina la ausencia de acentos y las palabras mal escritas, ii) inadecuada presentación: el orden de los epígrafes no es el correcto, no se contempla realizar una portada ni un índice y los datos están desorganizados, iii) inexistencia de un cuaderno propio de laboratorio: se entremezclan los ejercicios de clase con las memorias de prácticas y se usan folios sueltos en vez de un cuaderno, iv) el fundamento teórico se copia del guion de laboratorio y aun así presenta erratas, v) no se realizan las cuestiones que se piden al final de cada práctica y en caso afirmativo, la calidad de estas es muy pobre y, vi) no se entrega al profesor la totalidad de las memorias.

A la vista de toda la casuística comentada, es fundamental en estas titulaciones plantear soluciones para reducir el número de ideas erróneas previas e implementar nuevas prácticas y comportamientos que instruyan un aprendizaje significativo. Por ejemplo, por parte del profesor se pueden utilizar en las explicaciones analogías que relacionen los contenidos de química y farmacia con la vida cotidiana, elaborar una plantilla-resumen de cómo se ha de presentar un cuaderno de laboratorio o hacer hincapié en la corrección de las faltas de ortografía. Por el contrario, los alumnos deberían emplear el razonamiento como base del estudio apartando la memorización si no es estrictamente necesaria, leer detenidamente los enunciados y prestar atención y cuidado en la redacción de documentos escritos, así como en el lenguaje científico empleado.

REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES

La propuesta de innovación educativa que se ha diseñado y llevado a la práctica en un Centro de Formación Profesional se ha centrado en la detección y el análisis de las preconcepciones erróneas de este tipo de alumnado desde un enfoque constructivista. Dicha propuesta docente se ha implementado con los alumnos del CFGM Farmacia y Parafarmacia en una Unidad Didáctica de Química.

La metodología ha puesto en evidencia la existencia de distintas ideas previas erróneas sobre las temáticas trabajadas y, mediante un cuestionario, se ha realizado una encuesta que ha proporcionado información acerca del entorno en el que se desenvuelven los alumnos, factor esencial para estudiar las preconcepciones que poseen.

Partiendo de la premisa de que el aprendizaje es un proceso gradual de construcción del saber, es necesario que los docentes establezcan estrategias que permitan detectar cuáles son las ideas erróneas preconcebidas y poder desplazarlas por conocimientos certeros, promoviendo así un aprendizaje significativo. De este modo, se puede lograr un cambio conceptual que reduzca sustancialmente las ideas alternativas erróneas persistentes y prolongadas en el tiempo. En este sentido, se ha justificado en primer lugar el inminente trabajo necesario en este área y, en segundo lugar, que los problemas que conllevan pueden solventarse empleando nuevas metodologías.

A pesar de que la experiencia demuestra que todo el peso generalmente recae sobre la conducta, relaciones, contexto y educación previa de los estudiantes, cabe destacar el importante rol que juega el docente. Uno de sus cometidos debe ser reflexionar acerca de su práctica docente y métodos utilizados, haciendo hincapié en las ideas previas de los alumnos.

En base a todo lo expuesto, se pretende lograr una mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje de la Química Farmacéutica, sector imprescindible dentro de las ciencias y en el que los alumnos trabajarán al acabar sus estudios en el ámbito de la Formación Profesional.

En cuanto a líneas de continuidad de este trabajo, se constata una necesidad de continuar investigando en este área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Se espera trabajar en una segunda fase de un modo similar para recopilar más información que permita realizar las modificaciones convenientes o, en su defecto, diseñar propuestas alternativas que establezcan un cambio en las concepciones erróneas del alumnado de los Grados Medios relacionados con el laboratorio de Química. De este modo, se conseguirá una preparación adecuada para acceder al mundo laboral y se mejorará su desempeño profesional en este ámbito.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] LINETH PARGA, D. (2021). *El contenido curricular y la educación química hoy*. Luces en el camino: filosofía y ciencias sociales en tiempos de desconcierto. Madrid, Dykinson S.L, capítulo 122, 2384-2406.
- [2] GIMENEZ, Y.V., GUIRADO A.M., MAZZITELI, C.A. (2021). Representaciones sociales y práctica reflexiva en la formación inicial docente en ciencias naturales y tecnología. *Revista Educación de la Universidad de Costa Rica*, 45, 1, 326-345.
- [3] BELLO, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15, 3, 61-67.
- [4] CRESPO GONZÁLEZ, J., POLOVILLAR, C. (2009). Metodologías de enseñanza/aprendizaje y evaluación de la actividad docente en el marco del EEES. II *Congrés Internacional "Claus per a la implicació de l'estudiant a la universitat"*.
- [5] TALANQUER, V. (2011). El papel de las ideas previas en el aprendizaje de la química. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 35-41.
- [6] PICQUART, M., GUZMÁN O., SOSA, R. (2010). Razonamiento científico e ideas previas en alumnos de ciencias básicas de la UAM-Iztapalapa. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4, 1, 1056-1064.
- [7] CAMPANARIO, J.M. Y OTERO, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18, 2, 155-169.
- [8] Real Decreto 1689/2007, de 14 de diciembre, por el que se establece el título de Técnico en Farmacia y Parafarmacia y se fijan sus enseñanzas mínimas. *Boletín Oficial del Estado*, 15, de 17 de enero de 2008.

LE DAMOS LA VUELTA AL MÉTODO CIENTÍFICO

Alejandra Goded Merino¹, Sara González Pérez^{1,2} y Antonio Eff-Darwich Peña^{1,2,3}

¹ Facultad de Educación, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de La Laguna, Tenerife (España).

² Instituto Astrofísico de Canarias, Tenerife (España).

³ Instituto Volcanológico de Canarias, Tenerife (España).

Dirección de correspondencia: alejandra.goded@gmail.com

Palabras clave: método científico; comunidad científica; hipótesis; pensamiento crítico; validación.

Keywords: scientific method; scientific community; hypothesis; critical thinking; validation.

Resumen

En este trabajo se presenta una situación de aprendizaje centrada en la naturaleza de la ciencia, dirigido a alumnado del Grado de Maestro para la Educación Primaria. En la actividad se muestra el funcionamiento de la comunidad científica en un congreso científico simulado donde los estudiantes deben detectar los errores procedimentales de sus compañeros/as. Como complemento se han realizado un cuestionario previo y uno posterior a la actividad. Los resultados muestran que los estudiantes dominan el concepto de método científico, pero presentan dificultades para llevarlo a la práctica y muestran una visión ajena a la diversidad de metodologías científicas. Además, se detecta una carencia de conocimiento respecto al papel de la comunidad científica, las comunicaciones y publicaciones que sirven como mecanismo de validación de resultados.

Abstract

This paper presents a learning situation centred on the nature of science, aimed at students of the Primary Education Teaching degree. The activity shows the dynamics of the scientific community in a simulated scientific congress where students have to detect the methodological errors of their classmates. As a complement, a questionnaire has been carried out before and after the activity. The results show that students master the concept of the scientific method, but have difficulties in putting it into practice and show a vision unaware of the diversity of scientific methodologies. Furthermore, there is a lack of knowledge about the role of the scientific community, communications and publications that serve as a mechanism for validating results.

INTRODUCCIÓN

La adquisición de una cultura científica cobra cada vez más importancia en nuestra sociedad. Vivimos rodeados de ciencia y tecnología y los retos que se nos plantean, tanto para el presente como para el futuro como sociedad, requieren que dispongamos de unos conocimientos básicos de ciencia, así como su relación con el progreso tecnológico y científico (1). Este es uno de los principales objetivos que se plantean desde la Educación Primaria, para garantizar el desarrollo personal del alumnado en diferentes niveles y desde la etapa infantil (2-4). Como educadores uno de nuestros objetivos es el de formar mentes críticas, con capacidad de verificación (5) y con el fin de garantizar dicho desarrollo ya no sólo en el ámbito personal, sino social y educativo del propio individuo se debe habilitar de componentes como son la capacidad de observación, la resolución reflexiva de incógnitas, así como de toma de decisiones estimadas a partir de evidencias probadas haciendo uso de un análisis y del pensamiento crítico. De facto, uno de los pilares de la enseñanza de las ciencias es el método científico, conocimiento básico y fundamental que se toca y desarrolla en diferentes etapas del proceso educativo, con más o menos éxito (6).

Una de las estrategias propias del ámbito de las ciencias experimentales son el método científico y el pensamiento crítico, elementos que se postulan relevantes a desarrollar en cualquier etapa educativa. Rasilla (7) defiende la utilización del método científico como estrategia didáctica para que los estudiantes hagan ciencia y no simplemente aprendan ciencia de forma pasiva, y conseguir que tomen un rol más activo donde aprendan cómo se hace el conocimiento. Este modelo de enseñanza se alinea con el propuesto por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) que es una metodología educativa centrada en el aprendizaje del alumno (MECA) y desde donde se nos requiere que planifiquemos procesos de aprendizaje activo, donde la base del aprendizaje no recaiga solo en el resultado sino en el proceso (8) y donde el error sea una fuente de aprendizaje (9).

El método científico se postula como una vía de conocimiento, de carácter práctico y teórico, que permite desarrollar habilidades procedimentales y actitudinales más allá de los clásicos contenidos conceptuales. Desde esta perspectiva, resulta beneficioso un potenciamiento del desarrollo desde la primera infancia enmarcado en una perspectiva científica en el sistema educativo, variando así el proceso de enseñanza-aprendizaje tradicional (10, 11)

En este trabajo se propone una actividad didáctica que permite al alumnado cimentar sus conocimientos previos del mismo de una forma innovadora y que nos permite, mediante la participación activa del estudiante, profundizar en los conceptos de método(s) científico(s) y comunidad científica y que ayuda a los estudiantes a entender y valorar la naturaleza de la ciencia como motor de desarrollo del conocimiento científico y distinguirlo de las metodologías pseudocientíficas.

METODOLOGÍA

El estudio realizado en este trabajo consta de diferentes fases: una primera fase donde se realiza una encuesta de conocimientos previos, una segunda fase donde se lleva a cabo la actividad práctica con el método científico como eje principal de la misma y una última fase donde se ha realizado una encuesta final tras haber realizado la actividad. Tras el análisis de los datos recogidos en los cuestionarios y durante la actividad (observación), se han obtenido resultados que se pueden dividir en tres categorías:

- Ideas previas sobre la naturaleza de la ciencia.
- Tipos de trampas utilizadas.
- Nivel de competencia alcanzado.

El cuestionario previo tiene el doble objetivo de proporcionar información sobre los conocimientos y opiniones del alumnado y la situación en el contexto de la actividad a través de la reflexión requerida para responder a las preguntas.

A modo de clase interactiva, extraemos las ideas del alumnado sobre el método científico y su papel en el desarrollo y fiabilidad de la ciencia. Introducimos el concepto de comunidad científica y su relevancia.

El cuestionario final se utiliza para ver si la actividad realizada cambia la percepción del alumnado sobre las diferentes dimensiones de la ciencia y del método científico.

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

La sesión se plantea como un taller de indagación en el que el alumnado debe utilizar el método científico para realizar una pequeña investigación en grupos sobre un problema propuesto: la flotabilidad de los objetos.

Planteamiento del problema y emisión de hipótesis

El tema propuesto es la flotabilidad de los objetos. La actividad comienza planteando una cuestión sencilla sobre la que el alumnado tiene gran experiencia e ideas previas: *¿Qué característica hace que un objeto flote?* Esta pregunta sirve como punto de partida de la actividad donde se comienza con una lluvia de ideas donde los estudiantes emiten hipótesis que comienzan siendo razonables. En este punto el docente anima e incentiva las hipótesis creativas o absurdas. Algunas de las hipótesis más frecuentes propuestas por el alumnado para la característica que define la flotabilidad de los objetos:

Densidad, peso, volumen, forma, material, color; belleza, influencia divina, influencia mágica, líquido en el que se encuentre, momento del día, personalidad del científico/a.

Creación de experimentos y fundamentación: le damos la vuelta al método científico

Una vez que tenemos la lista de hipótesis, se muestran los materiales de los que disponemos para realizar esta actividad y se dan las pautas para la realización del experimento (agrupamientos de 4 o 5 estudiantes):

1. Escoger una hipótesis de la lista de “hipótesis locas”.
2. Diseñar un experimento en el que se demuestre que la hipótesis escogida es correcta utilizando los materiales de los que disponemos en el laboratorio y un recipiente con agua.
3. Hacer trampas.

La actividad puede realizarse con otros materiales de uso cotidiano que puedan estar accesibles en el aula. Con el fin de facilitar la creatividad del alumnado, recomendamos usar objetos variados en cuanto a colores, formas, materiales y tamaños. En nuestro caso utilizamos la siguiente lista de materiales: barreños o palanganas, colorante para el agua, papel, pinturas de colores, pelotas de colores de distintos tamaños, clavos, clips y tornillos, anillos de goma y de metal, tapones de plástico, plastilina, bloques de construcción de plástico y de madera, palillos de madera, piedras, ramas y trozos de madera, objetos diversos: caracolas, cuentas, juguetes, flores...

La actividad se propone como un **reto** a los estudiantes, que deben utilizar el **método científico para demostrar una hipótesis falsa**. Para lograrlo, se les anima a hacer trampas y realizar un montaje creativo que lleve a una conclusión errónea. En esta fase de la actividad **se repasa el método científico** al mismo tiempo que se logra un ambiente relajado en el aula, donde el alumnado pierde el miedo a equivocarse. En una segunda parte, el alumnado **presenta los resultados** ante los compañeros/as, que conforman la comunidad científica, dando bases argumentales y experimentales que la defiendan. La comunidad científica ahora es responsable de señalar los errores metodológicos y, dependiendo del nivel del alumnado, nombrarlos. De esta manera se da énfasis a la relevancia de la comunidad científica como mecanismo de corrección en el avance del conocimiento científico.



Figura 1. Materiales propuestos para la experimentación en flotabilidad.

El reto propuesto conlleva utilizar el método científico para demostrar una hipótesis falsa y para lograrlo, se les anima incluso a hacer trampas y realizar un montaje experimental creativo que lleve a una conclusión errónea. Forzando al alumnado a hacer demostraciones que resulten afirmativas, hacemos surgir de forma natural algunos de los errores metodológicos más frecuentes. Al mismo tiempo permitimos una creatividad en el diseño de experimentos poco frecuente en las actividades educativas. En la **tabla I** se han incluido los experimentos y trampas más comunes.

Tabla I. Experimentos y trampas más comunes presentados por el alumnado.

Trampa	Ejemplo	Técnicas para evitarlo
Sesgo de confirmación	Elegir solo los objetos rojos que flotan	<ul style="list-style-type: none"> • Ciego / doble ciego • Falsación • Grupo de control
Mezcla de variables	Pesar un objeto vacío y después llenarlo de agua mientras se dicen unas palabras mágicas	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento de variables • Grupo de control
Subjetividad del observador	Definir un objeto como bello y otro como feo	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de medidas • Uso de estadística
Condiciones excepcionales	Un patito de goma lleno de plastilina	<ul style="list-style-type: none"> • Reproducibilidad en experimento independiente



Figura 2. Un grupo de alumnos presenta en el congreso simulado un experimento que demuestra que la flotabilidad de los objetos depende de la intervención divina.

Presentación y validación de resultados

En esta fase se introducen algunas nociones sobre el concepto de validación de resultados ante la comunidad científica. Se habla de la publicación en revistas especializadas, la revisión por pares y los congresos científicos. Se inicia entonces una dinámica en la que el alumnado simula un congreso científico en el que deben presentar sus resultados ante el resto de la comunidad científica, representada por los compañeros y compañeras de clase. La comunidad científica ejerce de árbitro que, tras un turno de preguntas, debe dictar la validez o no de los resultados presentados.

RESULTADOS

La actividad se ha realizado con 69 estudiantes de 2º curso de Didácticas de las Ciencias en el grado de Maestro para la Educación Primaria en la Universidad de La Laguna.

La situación de aprendizaje tuvo lugar en una sesión de 3 horas de duración. En cada sesión el alumnado respondió a dos cuestionarios, uno antes y otro inmediatamente después de realizar la actividad práctica. A partir de los cuestionarios, se extrajo información sobre las ideas y opiniones del alumnado en cuanto a la naturaleza de la ciencia, la importancia del método científico y la fiabilidad de los resultados científicos y sobre la variación o persistencia de estas ideas tras la realización de la actividad. Puede verse un resumen de las preguntas de los cuestionarios previo y posterior en la **tabla 2**.

Tabla 2. Preguntas planteadas al alumnado en los cuestionarios previo y posterior a la actividad práctica.

	Previo	Posterior	Tipo	Concepto
1	Si	No	Pregunta abierta	Definición del método científico
2	Si	Si	Evaluación de 1 a 5	Confianza en la ciencia
3	Si	Si	Pregunta abierta	Posibles causas de la desconfianza de la sociedad en la ciencia
4	Si	Si	Evaluación de 1 a 5	Relevancia de los distintos aspectos de la naturaleza de la ciencia
5	No	Si	Pregunta abierta	La naturaleza de la ciencia y su fiabilidad

Fiabilidad de la ciencia

Las primeras seis preguntas del cuestionario se centran en la percepción que tiene el estudiante como individuo y como miembro de la sociedad de la ciencia. El alumnado mostró un alto grado de confianza en la ciencia con una valoración promedio de 4,21 sobre 5. Sin embargo, aunque a la ciencia en general se le otorga un alto grado de confianza, ésta es significativamente menor cuando se evalúan aspectos concretos como la fiabilidad y objetividad de los datos o de las personas que trabajan en ciencia. Esto nos hace pensar que el alumnado posee una cierta intuición de la complejidad de la ciencia, más allá de los procedimientos y métodos, que aporta solidez a las teorías científicas aceptadas.

En la **tabla 3** se muestran los resultados obtenidos al analizar el origen y los límites de la desconfianza del alumnado o la sociedad en la ciencia. Las respuestas obtenidas aluden a la falta de conocimiento e información que tienen los estudiantes respecto a la ciencia o a otras características ajenas a la propia naturaleza de la ciencia, a la que se otorga una incuestionable fiabilidad.

Una vez finalizada la actividad, se realizó otro cuestionario donde se repitió la evaluación de la confianza del alumnado. En esta ocasión se obtuvo un promedio de 4,11 sobre 5 (n=46).

Tabla 3. Autoevaluación del alumnado sobre su confianza en los distintos aspectos de la ciencia.

	Puntuación media (n=69) de 1 a 5
Confianza general del alumno/a en la ciencia	4,21
Confianza en la veracidad de los datos científicos	3,66
Confianza en la objetividad de los datos científicos	3,85
Confianza en la objetividad de los/as científicos/as	3,85
Confianza en la honestidad de los/as científicos/as	3,4

Visión de la naturaleza de la ciencia de la ciencia

Cuando pedimos al alumnado que defina el método científico, encontramos cierta diversidad de respuestas, pero en todos los casos es debida al nivel de redacción, nunca a la existencia de ideas alternativas. Ello da a entender que en cursos anteriores el alumnado ha tenido contacto con el concepto de método científico y ha adquirido el conocimiento con suficiencia. Sin embargo, no se encuentran apenas alusiones a la diversidad de métodos científicos que existen en las diferentes disciplinas y se da por sentado que es un método único, infalible y cerrado.

La palabra más nombrada en la definición de método científico es “hipótesis”, que aparece en un total de 51 definiciones sobre 69, un 74% de las veces. A diferencia de “comunidad científica”, que aparece solo una vez.

Para analizar la visión de los estudiantes sobre el origen y naturaleza de la ciencia se les propuso una reflexión sobre un hipotético experimento científico con una batería de posibles respuestas categorizadas para determinar su punto de vista en torno a 4 dimensiones del M.C.: método científico, coherencia de los resultados, circunstancias de la investigación y validación de la misma por la comunidad científica. En la **tabla 4** puede verse la puntuación media otorgada por el alumnado a cada uno de los ítems antes y después de la realización de la actividad.

De estas cuatro categorías, la mejor puntuada por el alumnado es el método científico, seguida de la validación por la comunidad científica y las circunstancias de la investigación. El aspecto peor valorado por el alumnado es la coherencia de los resultados con experiencias personales o conocimientos anteriores.

El hecho de encontrar mayor puntuación en el método científico resulta coherente con los resultados hallados en la primera pregunta, donde se encuentran definiciones adecuadas de este aspecto. Sin embargo, los argumentos planteados apoyándose en el método científico fueron planteados de forma poco concreta y coherente, con el fin de determinar si el alumnado aplica un análisis crítico en su respuesta o se trata de una respuesta automática. Así, cuando se les pregunta si un resultado científico puede perder validez porque “la hipótesis de partida no fue verificada”, la respuesta del alumnado es afirmativa. De hecho, este es el argumento que obtiene mayor puntuación de todo el cuestionario, junto con la reproducibilidad de los resultados, con una media de 3,54 sobre 5.

El resultado obtenido por el ítem “coherencia de los resultados con la experiencia personal” con una media de 1,45 sobre 5 muestra que, al menos de forma teórica, el alumnado tiene clara la diferencia entre la experiencia personal y la experiencia científica.

Repetición de resultados en investigaciones independientes. Este ítem, junto a la verificación de la hipótesis de partida, es el mejor puntuado, con una media de 3,54 sobre 5. Es un resultado interesante que, a pesar de que la comunidad científica y su importancia para la validación de resultados es un concepto que no ha estado presente en su formación, de manera intuitiva y como parte de su cultura general, entienden y valoran la importancia de la reproducibilidad de resultados.

Sin embargo, la publicación en revistas especializadas es un hecho al que se le asigna poca importancia, con una media de 2,85 sobre 5, contrariamente a lo que creemos que debería darse en un grupo de ciudadanos/as con cultura científica. Consideramos que es necesario centrar más esfuerzos en la transmisión del concepto de comunidad científica en general y del funcionamiento de las publicaciones en particular.

Tabla 4. Puntuación media, de 1 a 5, dada por el alumnado según la relevancia atribuida a cada uno de los aspectos de un supuesto hipotético de investigación científica

		Evaluación previa (n=69)	Evaluación posterior (n=46)	Media del área (pre)	Media del área (pre)
Método científico	Aplicación del M.C.	3,31	3,11		
	Orden de aplicación de las fases del M.C.	2,86	2,93	3,24	3,24
	Verificación de la hipótesis	3,54	3,67		
Coherencia de los resultados	Ausencia de explicaciones que contradicen los resultados	2,51	2,62	1,98	2,15
	Coherencia de los resultados con la experiencia personal	1,45	1,67		
Circunstancias de la investigación	Calidad y actualidad de la instrumentación	2,51	2,62		
	Experiencia y prestigio del/de la investigador/a	1,45	1,67		
	Innovación de las técnicas utilizadas	2,51	2,62	2,60	2,58
	Conflicto de intereses (procedencia de la financiación)	1,45	1,67		
Validación por la comunidad científica	Repetición de resultados en investigaciones independientes	3,54	3,35	3,19	2,99

En cuanto a la puntuación después de la actividad, se ve poca variación en casi todos los ítems. Es posible que se deba a que el cuestionario fue hecho inmediatamente después de finalizar la actividad, al final de una jornada de 3 horas de trabajo y sin tiempo de la reflexión. Tampoco hubo tiempo durante la sesión a un tiempo de puesta en común y análisis. Creemos que esto debería cambiarse en actividades sucesivas con el fin de lograr unos resultados más concluyentes.

CONCLUSIÓN

En este trabajo presentamos una situación de aprendizaje donde estudiantes de 2º curso del Grado en Educación Primaria deben diseñar y defender una teoría científica falsa y defenderla frente a sus pares (comunidad científica) en una exposición, donde presentan unos experimentos reales en el laboratorio. La realización de la actividad, su diseño y montaje experimental en el laboratorio para confirmar sus hipótesis de partida, ha obtenido una acogida muy positiva por parte del alumnado, que no sólo mostró una predisposición favorable hacia la actividad, sino que ésta se desarrolló en un ambiente relajado y divertido. Además, en esta actividad se trabaja de forma transversal la creatividad, y este punto se ve reforzado por una sana competitividad para ver qué grupo obtiene el mejor resultado. En general, los resultados obtenidos por los diferentes grupos destacan positivamente por su creatividad en el diseño de experimentos.

Los cuestionarios realizados antes y después de la actividad experimental indican que la visión del alumnado respecto a diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia cuenta con una alta valoración cuando nos referimos al concepto de método científico y, sobre todo, tienen claro que la realización de un experimento siguiendo una metodología científica debe incluir una hipótesis, que es el concepto más nombrado. El alumnado muestra capacidad para definir y nombrar las fases del método científico con facilidad y sin errores. Sin embargo, en ocasiones se le atribuye una importancia excesiva a la hipótesis, incluso de forma irreflexiva, ya que a menudo confunden la verificación de una hipótesis de partida con la validez de un resultado experimental.

Tras el análisis de los resultados se comprueba cómo el concepto de comunidad científica y la validación de resultados a través de la publicación en revistas especializadas con revisión por pares, son conceptos prácticamente ausentes en las definiciones de la ciencia (solo aparece en una de las 69 respuestas), siendo estos

aspectos de la ciencia irrelevantes para el alumnado a pesar de ser pilares fundamentales para el desarrollo y avance del conocimiento científico actual.

Por tanto, la creación y puesta en práctica de situaciones de aprendizaje donde se practiquen las diferentes fases del método científico, es fundamental para cimentar una completa comprensión de la naturaleza de la ciencia, especialmente en lo relativo a la relevancia de la comunidad científica para la validación de resultados y como pilar donde la ciencia se pone a prueba a sí misma.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SOLER, E. y ARTEAGA, B. (2014) Aprendizaje global en el aula de cinco años basado en el método científico. *Diálogo Educativo* 14(43), 670-673. https://www.researchgate.net/publication/269931938_Aprendizaje_global_en_el_aula_de_5_anos_basado_en_el_metodo_cientifico.
- [2] Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- [3] LOMCE: Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Publicado en B.O.E. nº 295 de 10 de diciembre.
- [4] LOE (2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE (Boletín Oficial del Estado), 106, de 4 de mayo de 2006, 17158-17207.
- [5] PIAGET, J. (1974) *Seis estudios de psicología* (5ª ed.) Barcelona: Barral.
- [6] TIerno, S. P., TUZÓN, P., SOLBES, J. y GAVIDIA, V. (2020) Situación de la enseñanza de las ciencias por indagación en los planes de estudio de Grado de Maestro de Educación Primaria en España. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 39, 99–116. <https://doi.org/10.7203/dces.39.17855>
- [7] RASILLA, F. (2004) El método científico como recurso pedagógico en el bachillerato: haciendo ciencia en clase de biología. *Revista electrónica Pulso* (27), 112-115. <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/5128>
- [8] VALERO GARCÍA, M. y NAVARRO GUERRERO, J. (2008) FAQ sobre la adaptación de asignaturas al EEES: docencia centrada en el aprendizaje del estudiante.
- [9] HERRÁN GASCÓN, A. de la, VALLE LÓPEZ, J.M. y VILLENA HIGUERAS, J.L. (coords.) (2019) *¿Qué estamos haciendo mal en la educación? Reflexiones pedagógicas para la investigación, la enseñanza y la formación*. Barcelona: Octaedro. 399 páginas. ISBN: 9788417667498
- [10] BYBEE, R.W. y FUCHS, B. (2006) Preparing the 21st Century workforce: A new reform in science and technology education [Editorial]. *Journal of Research in Science Teaching* 43(4), 349–352. <https://doi.org/10.1002/tea.20147>
- [11] RATCLIFFE, M. y MILLAR, R. (2009) Teaching for understanding of science in context: Evidence from the pilot trials of the twenty first century science courses. *Journal of Research in Science Teaching* 46 (8), 945–959.

UNA APROXIMACIÓN AL DISEÑO DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA Y MATERIALES DIDÁCTICOS PARA LA COMPRENSIÓN DE LA EVOLUCIÓN HUMANA CON ENFOQUE DE GÉNERO

Aketzalli González Santiago¹, Lucero Adriana Mendoza Gutiérrez², Sara Itzel López González³, Maricarmen García Tenorio², Laura Esquivel⁴, Sacnicte Salazar Ortiz²

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México (México).

² La Bombilla IluminArte con Ciencia, UNAM, Ciudad de México (México).

³ Bioética y medio ambiente, Ciudad de México (México).

⁴ Manual para Curiosos Ciudad de México (México).

Dirección de correspondencia: aketzalli.gonzalez@ciencias.unam.mx

Palabras clave: evolución humana; prehistoria; género; biología evolutiva.

Keywords: human evolution; prehistory; gender; evolutionary biology.

Resumen

La enseñanza de la evolución humana se enfrenta a problemas epistemológicos que dificultan su comprensión, en la educación media superior en México. Los modelos comúnmente usados para enseñar evolución humana suelen basarse en las imágenes de la marcha del progreso, presentes en los libros de texto y materiales didácticos. Además, en el proceso de enseñanza y aprendizaje puede haber interpretaciones androcéntricas y racistas, a pesar de la gran variación de modelos explicativos. Por lo tanto, esta propuesta se centró en el diseño y creación de materiales didácticos con enfoque de género. El diseño de los materiales fue financiado por la *European Society for Evolutionary Biology* (ESEB) y realizado por el colectivo *La Bombilla IluminArte con Ciencia*, en colaboración con *Manual para Curiosos*. En el presente artículo podrá encontrar parte de la fundamentación teórica, metodología, y diseño de materiales, de una primera aplicación que se realizó en el mes de noviembre de 2020.

Abstract

The teaching of human evolution faces epistemological problems that hinder its understanding in upper secondary education in Mexico. The models commonly used to teach human evolution tend to be based on images of the march of progress, present in textbooks and didactic materials. Furthermore, in the teaching and learning process there may be androcentric and racist interpretations, despite the great variation of explanatory models. Therefore, this proposal focused on the design and creation of didactic materials with a gender approach. The design of the materials was funded by the *European Society for Evolutionary Biology* (ESEB) and carried out by the collective *La Bombilla IluminArte con Ciencia*, in collaboration with *Manual para Curiosos*. In this article you will find part of the theoretical foundation, methodology, and design of materials, of a first application that was carried out in November 2020.

INTRODUCCIÓN

Un tema que particularmente está cargado de sesgos es el de la evolución humana, pues como apunta Richard Lewontin [1] pareciera que los humanos no podemos tener objetividad científica al estudiarlos. Parafraseando a dicho autor, es más fácil ser objetivos siendo observadores cuando se estudian los quarks,

los elementos químicos, los hongos o los escarabajos; pero no hay distancia entre el observador y el sujeto cuando se trata de las ciencias que tienen que ver con el ser humano.

De esta forma, así como la sociedad occidental contemporánea es capitalista y patriarcal, la ciencia ha estado históricamente dominada por hombres blancos, poderosos, y muchos de sus prejuicios y deseos por mantener el statu quo se pueden ver reflejados en la manera de abordar determinados problemas científicos, incluso en la manera de establecer preguntas e hipótesis a priori y objetos de investigación. Prueba palpable es el célebre y androcéntrico modelo del hombre cazador utilizado en la educación y representaciones de la evolución humana [2,3]. Dada la naturaleza del tema, las interpretaciones pueden ser sesgadas, motivo por el cual es relevante que como docentes analicemos diferentes enfoques de publicaciones clásicas y no tan clásicas de la evolución humana, con el fin de enriquecer teóricamente las perspectivas sobre el tema. Por esa razón, en el diseño de esta estrategia didáctica se revisaron textos de algunas teóricas que han cuestionado el modelo androcentrista y racista de la teoría evolutiva, así como de la misma evolución humana. Algunas autoras consultadas fueron Aránzazu Guruceaga [4], Carolina Martínez [2,3], Alethia Guerrero [5], Elena Hernández [6], María Ángeles Querol [7] y María Jesús Buxó [8], quienes exponen el sesgo en las investigaciones y representaciones del estudio del ser humano, y cómo esto replica ideas reduccionistas, racistas, deterministas y androcentristas.

De igual forma, autoras como Stephanie Moser [9] y Erica Torrens [10], entre otras, a través de investigaciones minuciosas sobre las representaciones visuales de la historia natural, señalan que, desde finales del siglo XIX, la imagen del hombre de las cavernas fue popular como un ícono de una etapa primitiva de la evolución humana, y símbolo de aspereza, crudeza, vulgaridad y una masculinidad primitiva.

La imagen del hombre de las cavernas llegó a encontrarse en novelas, obras de arte, dibujos animados, obras teatrales y películas, reflejando las preocupaciones sobre los conceptos de raza, género, evolución y civilización características de este tiempo, señala Torrens [10]. Lo anterior es relevante en la educación en ciencias, porque dicho modelo se sigue enseñando en la escuela. Como docentes, a menudo planteamos el conocimiento científico de forma parcializada, de modo que se sigue considerando y transmitiendo como una verdad que hay que aprender como si fuera un producto final, sin tener en cuenta el proceso previo.

Bajo ese entendido, esta propuesta expone la necesidad de la perspectiva de género en la enseñanza de la evolución humana. No obstante, su incorporación no solo es sumar protagonismo femenino en los contenidos, sino que implica un complejo cambio epistemológico y crítico a las percepciones socialmente guiadas, interactivas y micropolíticas guiadas por la sociedad, que convierten determinadas actividades en expresiones de la “naturaleza” masculina y femenina [11].

Así, los estudios de género hacen visible lo invisible a través de investigaciones, políticas públicas, acciones afirmativas y grupos de apoyo que se traducen en prácticas transformadoras de la vida cotidiana en los educandos, docentes, sociedad y diversos actores de la educación en la implementación de la perspectiva de género en la educación [12].

Partiendo de eso, es necesaria una visión interseccional del género para incorporar la diversidad humana o identidad étnica, la orientación sexual, la clase social, ubicación geográfica, y capacidades físicas. El enfoque de género en las ciencias es relevante, ya que como señala Sergio Sismondo [13], si el conocimiento científico refleja simplemente la estructura del mundo natural, la representación de las mujeres en la ciencia y la historia evolutiva no cambiaría el conocimiento que hasta ahora tenemos. Sin embargo, como se ha expuesto a lo largo de estos apartados, la ciencia no es una actividad puramente neutral y objetiva. En palabras textuales del mencionado autor:

Lo que cuenta como conocimiento y lo que se llega a hacer depende de muchos factores sociales e históricos. En otras palabras, la ciencia y la tecnología tienen un “inconsciente político” [13].

DESARROLLO

La estrategia y materiales diseñados fueron probados por primera vez en tres grupos de la Escuela Nacional Preparatoria Plantel No. 9. Los resultados expuestos a continuación serán del grupo 510, por presentar

datos completos, ya que el 95% de los alumnos entregaron las actividades. El grupo llevaba la asignatura de Biología IV con la Doctora Carmen Patricia Rodríguez Pérez.

El objetivo central de esta investigación fue diseñar una propuesta didáctica en innovación educativa y pedagogía imaginativa, para el tema de evolución humana con un enfoque de género, utilizando las tecnologías de información y comunicación (TIC), para la Educación Media Superior. La estrategia fue implementada el 25 de noviembre del 2020.

En la estrategia se usaron objetos de aprendizaje (videos, cuentos, podcast) además del uso de las TIC. De igual forma se utilizó la metodología de proyectos para que los alumnos desarrollarán un proyecto final, este fue la creación de un podcast, improvisación o vídeo. El resultado del podcast se puede consultar en una lista de Spotify llamada 'Érase una vez la evolución humana'.

Es importante señalar que la estrategia didáctica se aplicó en dos sesiones sincrónicas y dos sesiones asincrónicas, debido a que fueron los tiempos que la profesora responsable pudo adecuar dentro de su propia planeación docente.

En la siguiente tabla se exponen los temas que fueron trabajados en las sesiones, pensando en los temas que solicita el plan de estudios, así como en los objetivos que se buscó para esta estrategia (**tabla 1**).

Tabla 1. Temas que se desarrollaron en la estrategia y materiales didácticos.

Tema	Descripción
Evolución biológica	Que el alumno comprenda el proceso de la evolución como gradual y variable.
Mecanismos evolutivos	Serán tomados en cuenta los conceptos de selección natural, adaptación, variación, deriva génica.
Evolución humana	Incluye el proceso por el cual los homínidos evolucionaron.
Variación de especies de homínidos	Se toma en cuenta que el alumno deje de pensar que el humano evolucionó del mono (concepto de mono como algo general donde se incluye a los chimpancés, etc.)
Paleofauna y paleoambientes	Descripción de la paleofauna del Pleistoceno y las teorías de su extinción.
Proceso de la ciencia	Cómo se lleva a cabo la ciencia. Ejemplos de subcategorías son: observaciones, hipótesis, experimentos, método científico, mediciones.
Historia de la ciencia	Esta sección examina la historia de la ciencia a través de los relatos históricos. Ejemplos de artículos de esta categoría son: Ana Barahona, Charles Darwin y Wallace.
Cuestiones de carácter social	Implica los pros y contras de la ciencia y su influencia en la sociedad.
	Construcción social del género.

Como se mencionó anteriormente fue necesario que durante el desarrollo de la estrategia existiera una participación creativa de los estudiantes, por lo cual la educación imaginativa implementada en la metodología del aprendizaje cooperativo (AC) favoreció la organización de las sesiones.

Con educación imaginativa nos referimos a realizar actividades que estimulen la imaginación de los alumnos. Tal como indica Kieran Edgan [14], los profesores podemos hacer uso de herramientas cognitivas que encontramos en las culturas orales, como las narraciones, las imágenes, los juegos.

Los profesores que son imaginativos tienen siempre en cuenta la imaginación de sus alumnos. Esto es, los profesores que son imaginativos no solo logran que su práctica sea muy estimulante, sino que, además piensan cómo estimular y desarrollar la imaginación de sus alumnos [14].

Por su parte, David W. Johnson [15] explica que el AC pertenece a la categoría del trabajo en grupo, pero no todo trabajo en grupo en el aula es necesariamente aprendizaje cooperativo.

Así mismo, el autor señala que, al planificar una clase, el docente debe decidir qué materiales serán necesarios para que los alumnos trabajen en forma cooperativa.

De igual forma se utilizó el modelo del aprendizaje basado en proyectos (ABP), el cual apunta a que la propuesta de enseñanza que se diseñe y planifique. El mencionado modelo se centra en que los estudian-

tes desempeñan el rol de profesionales basando su experiencia de aprendizaje a situaciones concretas de trabajo conectándolo con su realidad.

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) puede definirse como una modalidad de enseñanza y aprendizaje centrada en tareas, un proceso compartido de negociación entre los participantes, siendo su objetivo principal la obtención de un producto final [16].

Por ello la presente estrategia buscó conectar las experiencias de los alumnos a través de proyectos de lectoescritura, es decir que ellos realizarán ejercicios con la escritura de cartas, guiones, y producción de videos, para obtener un proyecto final. A continuación, se expone un esquema para ejemplificar los elementos, recursos, y metodologías utilizadas en el proceso de aprendizaje que tuvieron los alumnos en esta intervención (**figura 1**).

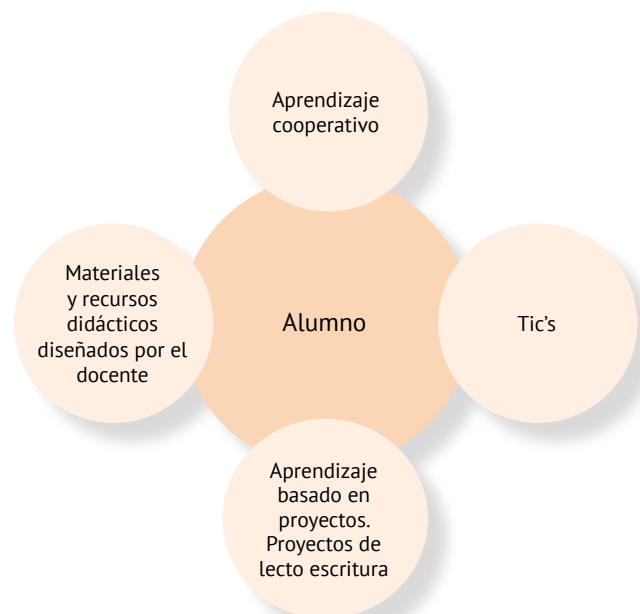


Figura 1. Elementos de la estrategia didáctica. Elaboración propia.

El curso se impartió en noviembre de 2020. En cada sesión, los alumnos recibían algunos prototipos de los materiales y se les impartían charlas sobre el tema. El curso concluyó con el proyecto final de los alumnos, que consistió en la producción de un vídeo o podcast. Se premiaron los mejores trabajos. Los premios fueron tarjetas de puntos de Starbucks, que se podían canjear por un café para cada miembro del equipo. Se entregaron tres tarjetas a cada grupo, en total había nueve tarjetas.

La segunda fase del proyecto consistió en recoger las opiniones de los alumnos, y con dichos comentarios se realizaron ajustes al curso y se corrigieron los materiales didácticos. Esta etapa tuvo lugar en enero de 2021. La tercera etapa radicó en presentar los materiales diseñados a otro grupo de estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria No. 8, curso a cargo de la maestra Hilda Claudia Morales Cortés. De la misma manera, se impartió el curso que diseñamos con los materiales mejorados. Los datos recabados de esta fase son parte de la tesis de maestría de Aketzalli González Santiago, quien cursó el posgrado MA-DEMS de la UNAM. Todo lo que se diseñó y llevó a cabo, desde los talleres hasta el desarrollo del curso se hizo con la financiación de la Sociedad Europea de Biología Evolutiva (ESEB por sus siglas en inglés), en la convocatoria de 2020.

LA IMAGEN INVISIBLE

Los materiales pasaron por un proceso de diseño, revisión y análisis de la información. Todos los materiales tienen el objetivo general de ser propuestas diferentes a las que se encuentran en los libros de texto en

México, y a las que se utilizan comúnmente en las exposiciones o clases de evolución. Los destinatarios fueron estudiantes de preparatoria de 14 a 19 años.

En total se diseñaron diez materiales didácticos:

- Cómic: "Lucy la estrella primitiva"
- Tres vídeos con *muppets*: "Érase una vez Luca", "Tantos homos y un solo sobreviviente", "Bienvenidos a Berinjia".
- Tres infografías: "Ancestros de los homínidos", "Migraciones humanas", "Evolución de los homínidos".
- Tres ilustraciones: "Mujeres cazadoras", "Árbol de parientes", "Dos posibles realidades".

El diseño fue posible gracias al financiamiento de la Sociedad Europea de Biología Evolutiva (ESEB). Los materiales se pueden encontrar en los anexos. Los materiales pueden visualizarse en <https://bombillailuminarte.mx/areas/#evolucion>

El proceso de producción de vídeos fue gracias al apoyo del colectivo La Bombilla IluminArte con Ciencia en colaboración con Manual para Curiosos, este último con amplio manejo en la producción de videos.

DISEÑO DE ESTRATEGIA

La intervención se dividió en tres etapas; la primera, referente al diagnóstico que se hizo a los alumnos, para conocer su perspectiva referente al papel de la mujer en la prehistoria. La segunda fue el desarrollo de la estrategia, en la que se realizaron diversas actividades, para cerrar con la última etapa en la que se hizo el proyecto final. En total se realizaron seis actividades que se distribuyeron en las cuatro sesiones, y en las cuales fue tomada en cuenta la taxonomía de Bloom, para cumplir con los objetivos de aprendizaje. A continuación, se presenta en la **tabla 2** cada actividad que se realizó, el objetivo de aprendizaje que se buscó cumplir, así como el recurso o material utilizado.

Tabla 2. Actividades que se realizaron en la estrategia tomando en cuenta la taxonomía de Bloom para los objetivos de aprendizaje.

Sesión	Momento	Actividad	Modalidad	Recursos	Tema disciplinar	Objetivo con la taxonomía de Bloom
1	Diagnóstico.	Nube de palabras.	Individual.	Mentimeter.		Conocer el estado de ánimo de los alumnos, contexto y los conceptos referentes al papel de la mujer en la prehistoria.
1	Diagnóstico.	Improvisación frente a grupo.	Equipo.		Evolución humana.	Diagnóstico del papel de la mujer en la evolución humana.
2	Intervención: Ambientación y familiarización.	Lectura de cómic "Lucy la estrella primitiva".	Individual.	Cómic.	Antepasados de los homínidos (<i>Australopithecus ramidus</i>) y características de los homínidos.	Evaluar la comprensión del tema de primeros homínidos con enfoque de género que se narró en el cómic.
2	Intervención: Conceptualización del relato.	Carta a un amigo del futuro.	Individual.	Referencias.	Evolución humana, paleofauna y paleoambientes. Especies de homínidos.	Aplicación del tema de la evolución humana a través de una narración desde lo personal.
3	Intervención.	Flor de loto.	Equipo.	Esquema diseñado por la autora: Vivian Aurelia Minnaard.	Conceptos principales de la evolución biológica.	Relación y conceptualización.

Sesión	Momento	Actividad	Modalidad	Recursos	Tema disciplinar	Objetivo con la taxonomía de Bloom
3	Intervención.	Estudio de caso de la Mujer cazadora.	Individual / Equipo.	Noticia de Nature.	Proceso de la ciencia con enfoque de género.	Relación y conceptualización.
4	Intervención Dinámicas para escribir la historia y producción del guion para audiovisual.	Bitácora de trabajo.	Equipo.	Vídeo que explica cómo se realizará el trabajo.	Evolución humana con enfoque de género.	Síntesis de los temas vistos en un proyecto colaborativo.
4	Intervención Producción, preproducción, posproducción.	Proyecto final.	Equipo.		Evolución humana con enfoque de género.	Síntesis de los temas vistos en un proyecto colaborativo.

OPINIÓN DE LOS ALUMNOS

Los resultados expuestos corresponden únicamente a las opiniones que los alumnos tuvieron sobre la estrategia didáctica y los materiales utilizados. Se usó un formulario de Google, con cinco preguntas, para conocer la percepción de los alumnos. Cuatro fueron de escala Likert, donde el valor 5 representaba "Totalmente de acuerdo", el valor 4 "de acuerdo", el 3 "ni de acuerdo ni en desacuerdo", el 2 "desacuerdo", mientras que el 1 era "totalmente en desacuerdo". La última pregunta fue pregunta abierta. Se utilizó estadística descriptiva, con gráficas de barras y de pastel para visualizar el porcentaje de las respuestas.

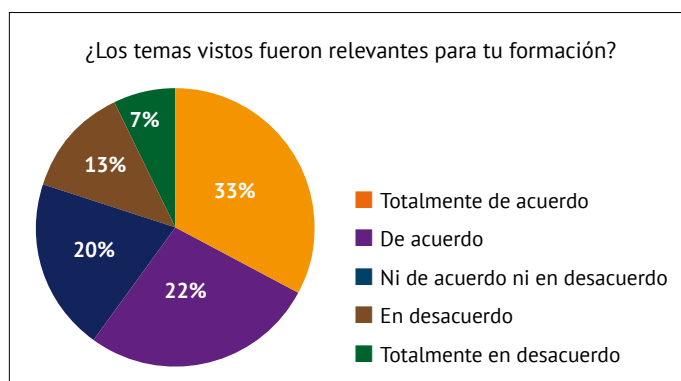


Figura 2. Opinión de los alumnos sobre la relevancia de los contenidos.



Figura 3. Opinión de los alumnos sobre la relevancia de las actividades.

En la **figura 2** se muestra la primera pregunta que señalaba: ¿Los temas vistos fueron relevantes para tu formación?

En los resultados se puede apreciar que el 33% de los alumnos contestaron estar totalmente de acuerdo en que los temas fueron muy relevantes en su formación. El 27% contestaron estar de acuerdo, mientras que el de 20% indicó no tener una opinión al respecto. Sólo un 7 por ciento contestó que los contenidos no fueron relevantes.

La segunda pregunta consistía en conocer cuál había sido la percepción de los participantes con respecto a las actividades que fueron diseñadas. Con la finalidad de saber si lo diseñado había apoyado en realizar los temas más atractivos. La pregunta fue: ¿las actividades realizadas pudieron hacer más dinámico los temas? (**Figura 3**).

El 36% de los alumnos contestaron que las actividades apoyaron de gran manera a que los temas fueran más atractivos y dinámicos, mientras que un 14% contestó estar en desacuerdo que las actividades los hubieran apoyado.

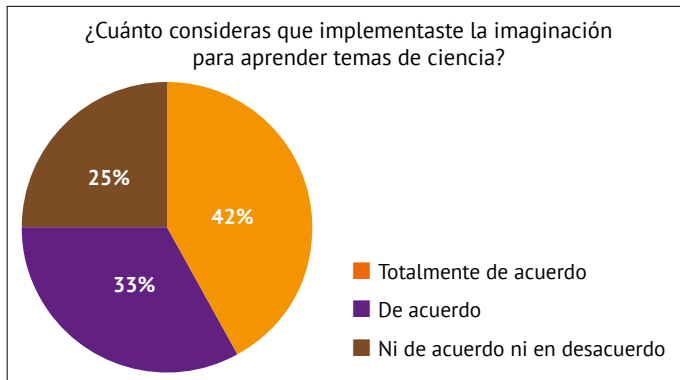


Figura 4. Opinión de los alumnos sobre la implementación de la imaginación para aprender temas de ciencia.

De igual forma, se planteó la pregunta de ¿cuánto habían usado la imaginación en el desarrollo de las actividades?, y si esta había sido importante para comprender mejor los conceptos (figura 4).

En dicha figura podemos apreciar que el 42% de los alumnos sintieron que utilizar la imaginación ayudó en su proceso de enseñanza y aprendizaje de los temas dados, mientras que el 33% señaló que estaban de acuerdo. Un 25 % señaló no tener una postura al respecto.

Por último, se hizo una pregunta abierta para conocer qué fue lo que menos les había

gustado a los alumnos con respecto al curso. La mayoría estuvo de acuerdo en el poco tiempo y exceso de actividades, ya que fueron pocas sesiones y en cada una había una gran cantidad de acciones para desarrollar. Además, agregaban que los lapsos de entrega del proyecto final fueron muy poco. Sumado a ello, algunos alumnos comentaron que la primera improvisación resultó compleja pues muchos se consideran tímidos para presentar algo teatral frente a grupo.

CONCLUSIONES

El tema de la evolución humana está inmerso en el área de las ciencias naturales (biología, química y física). Para ello, hay que considerar en la práctica docente la naturaleza de la ciencia tal como un proceso, y no sólo un producto acumulado en forma de teorías o modelos. Por lo tanto, es necesario trasladar a los alumnos ese carácter dinámico y perecedero de los saberes científicos logrando que perciban su provisionalidad y su naturaleza histórica cultural. Sin embargo, la problemática de la representatividad de las mujeres en la ciencia se gesta desde las instituciones escolares y familiares. Por ello es importante que los docentes propongamos nuevos modelos para la enseñanza del tema de evolución humana, que tengan las diferentes perspectivas y enfoques, para un entendimiento más complejo e integral del tema. En el caso del presente trabajo, el uso de la educación imaginativa, en la que se implementaron cuentos e imágenes, así como el modelo ABP fue fundamental para la integración sobre el papel de la mujer en la historia evolutiva humana durante la enseñanza de esta, permitiendo que el alumnado diera una retroalimentación al material de enseñanza para una mejora. Este modelo mostró que la dinámica que puede darse durante el desarrollo de un proyecto es mejor aceptada durante las actividades académicas, favoreciendo así la participación y creatividad del alumnado, dando a conocer la aceptación de un nuevo enfoque. Es fundamental señalar que las opiniones antes expuestas por los alumnos ayudaron a rediseñar el curso y algunos de los materiales didácticos.

Consideramos, pues, que todas las actividades desarrolladas pueden ser una base para un cambio en la enseñanza de la evolución humana, no sólo a nivel medio superior; haciendo posible el enfoque de género que se busca lograr y cambiar las viejas perspectivas que limitan la integración de los nuevos saberes científicos, históricos y sociales. De igual forma, es fundamental realizar un curso con mayor número de sesiones, así como aumentar el tiempo para la entrega de las actividades.

REFERENCIAS

- [1] LEWONTIN, R., ROSE, S., KAMIN, L.K. (1984) No está en los genes. Racismo, genética e ideología. Barcelona: Editorial Crítica.
- [2] MARTÍNEZ PULIDO, C. (2003) El papel de la mujer en la evolución humana. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva.

- [3] MARTÍNEZ PULIDO, C. (2012) La senda mutilada. La evolución humana en femenino. Madrid: Minerva, Biblioteca Nueva.
- [4] GURUCEAGA ZUBILLAGA, A., FUERTES GUTIERREZ, I. (2018). Hominización desde una óptica de género: visibilización de la mujer en la evolución de la especie humana. Una propuesta didáctica para las materias de ciencias. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra 26, 131-141.
- [5] GUERRERO HERNÁNDEZ, A. (2015) La teoría de la selección sexual y sus problemas epistemológicos: un análisis desde la interdisciplina y la totalidad. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [6] HERNÁNDEZ CORROCHANO, E. (2010) Darwin, los antropólogos sociales y las mujeres. Algunas consideraciones desde la antropología social en perspectiva de género. Revista Clepsydra: revista de estudios de género y teoría feminista 9, 133-142.
- [7] QUEROL FERNÁNDEZ, M.A. (2005) El papel asignado a las mujeres en los relatos sobre los orígenes humanos. Arqueoweb: Revista sobre Arqueología en Internet 7 (1).
- [8] BUXÓ REY, M. J. (1978) Antropología de la mujer: cognición, lengua e ideología cultural. Barcelona: Anthropos, Editorial del Hombre, Promat.
- [9] MOSER, S. (1992) Un lenguaje visual de la arqueología: un estudio de caso de los neandertales. Antigüedad 66, 831-844.
- [10] TORRENS, E., BARAHONA, A. (2018) La evolución biológica en los libros de texto mexicanos. Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [11] ZIMMERMAN, D.H., WEST, C. (1987) Doing gender. Gender & Society. JSTOR, 1, 125-151.
- [12] SOLÍS SABANERO, A. (2016) La perspectiva de género en la educación. En J.A. Trujillo Holguín y J.L. García Leos (coords.), Desarrollo profesional docente: reforma educativa, contenidos curriculares y procesos de evaluación. Chihuahua, México: Escuela Normal Superior Profr. José E. Medrano R, 97-107.
- [13] SIMONDO, S. (2010) An introduction to science and technology studies. Malden, Wiley-Blackwell, 2nd ed.
- [14] EDGAN, K., JUDSON, G. Educación imaginativa: Herramientas cognitivas para el aula. Madrid: Narcea, S.A, Ediciones.
- [15] JOHNSON, D.W. (2014) El aprendizaje cooperativo en el aula. Buenos Aires: Ediciones Paidós Ibérica SA.
- [16] GARCÍA-VARCÁLCEL M., BASILOTTA, A. (2017) Aprendizaje basado en proyectos (ABP): evaluación desde la perspectiva de alumnos de Educación Primaria. Revista de Investigación Educativa 35, 113-131.

EL PAPEL DE LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN LA PROMOCIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE: UNA EXPERIENCIA DESARROLLADA EN CENTROS EDUCATIVOS NO UNIVERSITARIOS

Emma Gracia Lor¹, Esther Gómez Mejía¹, Gustavo Moreno Martín¹, Beatriz Gómez Gómez¹, David Vicente Zurdo¹, María Teresa Pérez Corona¹, Riansares Muñoz Olivas¹, Emilio Gómez Castro²

¹ Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid.

² Departamento de Ingeniería Química y de Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid.

Dirección de correspondencia: emgracia@ucm.es

Palabras clave: divulgación científica; desarrollo sostenible; encuestas; escala likert; análisis estadístico; enseñanza secundaria obligatoria; bachillerato.

Keywords: scientific dissemination; sustainable development; surveys; likert scale; statistical analysis; middle school and high school.

Resumen

El trabajo presentado describe un proyecto de innovación educativa y de aprendizaje-servicio enfocado a promover la concienciación del desarrollo sostenible y las vocaciones científico-tecnológicas entre los alumnos de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato. En este marco, profesores y alumnos de doctorado, máster y grado de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid han llevado a cabo una serie de actividades de divulgación científica en diferentes centros educativos no universitarios de la Comunidad de Madrid. Los temas tratados se encuadran dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Esto permite mostrar a los alumnos cómo la ciencia tiene la capacidad de dar respuesta a temas tan cotidianos como son la seguridad alimentaria, la agricultura sostenible y las sustancias químicas potencialmente peligrosas y contaminantes.

Abstract

The work presented describes an educational innovation and service-learning project focused on promoting awareness of sustainable development and scientific-technological vocations among Middle School and High School students. Professors, PhD students, master's and graduate students from the Faculty of Chemistry at Complutense University of Madrid have carried out scientific dissemination activities in different non-university educational centers in the Community of Madrid. The topics covered are focused on the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda. This experience allowed us to show students how science has the capacity to give answers to everyday issues such as food safety, sustainable agriculture and potentially harmful, dangerous and polluting chemical substances. Problems are substantially reduced when the teacher designs strategies that induce conceptual change and slow explanations are made considering the particularities of the students.

INTRODUCCIÓN

La competencia científica implica tanto la comprensión de conceptos científicos como la capacidad de aplicar una perspectiva científica y razonar basándose en pruebas científicas. Sin embargo, los estudiantes muestran un rechazo cada vez mayor por el aprendizaje de contenidos de índole científica, probablemente porque no

ven una utilidad a los conceptos teóricos que se estudian en las clases de ciencias [1]. Por ello, es necesario hacer más atractivo el aprendizaje de los conceptos científicos. En este proyecto se ha tratado de conseguir esta meta acercando la realidad científica y social al aula y, más concretamente, trasladando algunas de las problemáticas ambientales y alimentarias de la sociedad actual a los centros educativos no universitarios. En este sentido, la colaboración entre las universidades y los centros educativos se ha planteado como una necesidad intrínseca y beneficiosa para el impulso de una sociedad formada y profesional, concienciada con los retos actuales (sociales, económicos y medioambientales). Es aquí donde la divulgación científica juega un papel importante para acercar los avances científico-tecnológicos a los estudiantes, promoviendo la integración de dichos conocimientos en su formación [2]. Asimismo, se pretende ayudar a los alumnos a afrontar y resolver cuestiones problemáticas de carácter local, regional o global de gran relevancia social, y que se sitúan en el punto de mira de la actualidad, dentro de las cuales se encuentran la salud y la sostenibilidad medioambiental. Para ello, en este proyecto se ha tratado de concienciar a los estudiantes de la necesidad de adoptar medidas sostenibles, fortalecer el aprendizaje en la prevención de la utilización y consumo de sustancias químicas de uso común, potencialmente nocivas y peligrosas (contaminantes emergentes, nanopartículas, etc.), y promover la seguridad alimentaria, el consumo responsable y la producción sostenible.

En este contexto, en el curso 2020-21 se llevaron a cabo una serie de charlas de divulgación en centros educativos no universitarios, con la finalidad de difundir y favorecer el aprendizaje de conocimientos que contribuyan a generar comportamientos saludables y sostenibles. Es importante señalar que para alcanzar los objetivos propuestos de manera satisfactoria resultó imprescindible diseñar los contenidos teniendo en cuenta la edad y el conocimiento de los alumnos a los que se dirigía la actividad. Este aspecto se contempló tanto para la elaboración del material como para la impartición de los contenidos teórico-prácticos a los alumnos de los centros educativos implicados en la realización del proyecto.

CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA

La impartición de las charlas divulgativas la llevaron a cabo profesores y alumnos de doctorado, máster y grado de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid en diferentes centros educativos no universitarios de la Comunidad de Madrid. En concreto, se contó con la participación de los siguientes centros: IES Valdebernardo de Madrid, IES García Berlanga de Coslada, IES Los Rosales de Móstoles y CEPA Mariano José de Larra de Pinto, contabilizándose un total de 26 sesiones de 50 min de duración. En ellas participaron alumnos de diferentes niveles educativos, desde 2º ESO hasta 2º Bachillerato, y un pequeño grupo de estudiantes adultos procedentes del CEPA, siendo un total de 500 alumnos.

OBJETIVOS

El objetivo general planteado en este proyecto fue comunicar y concienciar a los estudiantes de ESO y Bachillerato de problemáticas asociadas a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) planteados en la Agenda 2030.

De este modo se pretendió:

- Concienciar del papel de la química en la actualidad.
- Aumentar las inquietudes químicas del alumnado no universitario.
- Transferir conocimientos medioambientales y de salud de gran importancia en la formación de alumnos responsables.
- Desarrollar el pensamiento crítico científico-divulgativo.
- Fomentar vocaciones científicas.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

En este proyecto se organizaron una serie de charlas divulgativas sobre los siguientes temas relacionados con el desarrollo sostenible:

- Antioxidantes naturales en alimentos.
- Contaminantes emergentes en el medio ambiente.
- Evaluación del consumo de sustancias adictivas.
- Aplicaciones y usos de las nanopartículas.

De esta forma se abordaron problemáticas contempladas en la Agenda 2030 y encaminadas a lograr la seguridad alimentaria (ODS 2), y promover tanto la agricultura sostenible (ODS 12) como la salud medioambiental, adquiriendo un conocimiento y pensamiento crítico sobre el uso de sustancias químicas potencialmente peligrosas y contaminantes (ODS 3). En todos los casos se tuvo siempre presente el ODS 4 "Educación de Calidad".

Las sesiones, de 50 minutos de duración, consistieron en la exposición de los temas mediante charlas divulgativas, seguida de un tiempo de debate y de la realización de cuestionarios mediante el programa Kahoot. Al finalizar las actividades se realizó una encuesta de satisfacción a unos 500 alumnos de los distintos centros.

METODOLOGÍA

El proyecto se llevó a cabo en las siguientes etapas:

1) Propuesta de los temas de divulgación a tratar y elección de éstos por parte de los centros educativos

Se establecieron reuniones con los centros no universitarios que colaboraron en la ejecución del proyecto, y se les presentó un listado de temas a tratar en las charlas relacionados con la experiencia investigadora de los miembros del proyecto. Los profesores responsables de las asignaturas de Física y Química y de Biología de cada centro eligieron los temas en función del currículum educativo y del nivel de los alumnos.

2) Preparación del material necesario para el desarrollo de las actividades

Se elaboraron presentaciones en formato PowerPoint para las exposiciones de los temas y se prepararon preguntas a las que los alumnos deberían contestar utilizando la aplicación Kahoot. Asimismo, se hicieron pósteres resumen de los puntos clave de las charlas divulgativas, que se entregaron en los centros educativos al finalizar las actividades para que todos los alumnos del centro pudieran tener acceso a esta información (figura 1). Por otro lado, se elaboraron las encuestas basadas en la escala Likert para la evaluación de la actividad [3].

3) Desarrollo de las actividades en los centros educativos

Los miembros del proyecto impartieron las charlas divulgativas utilizando las presentaciones previamente elaboradas (véase figura 2). Tras la exposición, se hicieron pequeños debates con los alumnos y se realizaron preguntas sobre los contenidos de las exposiciones utilizando Kahoot, con el objeto de afianzar los conceptos aprendidos durante las sesiones y fomentar el empleo de las herramientas tecnológicas en el proceso de transferencia y aprendizaje. Asimismo, se realizaron encuestas de evaluación de la actividad mediante la herramienta Google Forms y se entregaron los pósteres resumen a los centros educativos.

4) Evaluación de la actividad desarrollada

Los resultados obtenidos en las encuestas fueron sometidos a una evaluación estadística.



Figura 1. Pósteres resumen de los conceptos clave trabajados en las charlas divulgativas.



Figura 2. Miembros del proyecto durante las charlas de divulgación.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD

Al finalizar cada una de las sesiones se pidió a los alumnos asistentes que contestaran una encuesta formada por 13 preguntas, con el objetivo de evaluar las actividades desarrolladas y el alcance del proyecto. Dicha encuesta, al basarse en una escala ordinal con un determinado número de niveles de acuerdo/desacuerdo, permite realizar un análisis cuantitativo de los datos. En nuestro caso, se seleccionaron cinco niveles: totalmente en desacuerdo (1), en desacuerdo (2), indecisión (3), de acuerdo (4), totalmente de acuerdo (5).

Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

1. La actividad me ha parecido interesante.
2. La actividad me ha servido para percibir problemáticas o aprender conceptos que antes no conocía.
3. La ciencia ayuda a resolver problemas de la sociedad actual.
4. La actividad realizada hace que tome conciencia de problemas relacionados con el consumo de sustancias químicas potencialmente nocivas y peligrosas.
5. La actividad realizada hace que tome conciencia sobre seguridad alimentaria y el consumo y la producción sostenible.
6. Mi interés por la ciencia ha aumentado al finalizar la actividad.
7. Creo que el mundo de la ciencia es más o menos accesible en función del género.
8. Trabajar contenidos mediante *Kahoot* ha hecho que la sesión sea más dinámica y amena.
9. Me gustaría utilizar *Kahoot* en otras asignaturas.
10. La existencia de un premio ha motivado que me esfuerce más y tenga mayor interés.
11. Me interesa la ciencia.
12. Me interesa la química.
13. Tengo intención de estudiar alguna carrera o ciclo formativo relacionado con la química.

La encuesta fue realizada por un total de 470 alumnos, 455 de ellos con edades comprendidas entre 13 y 18 años, y los 15 restantes eran alumnos del centro de personas adultas con edades comprendidas entre 25 y 68 años. De este modo pudimos tener una panorámica bastante amplia, de acuerdo con el intervalo de edades abarcado, sobre la visión que se tiene de la ciencia en general y de la química en particular, así como del conocimiento que se tiene sobre las respuestas que da la ciencia a los temas cotidianos tratados en el proyecto.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en las encuestas de satisfacción, la mayoría de los encuestados indicaron estar de acuerdo (54%) o totalmente de acuerdo (38%) con la utilidad de la actividad desarrollada para percibir problemáticas o aprender conceptos que antes no conocían. En cuanto a la utilidad de la ciencia para resolver problemas de la sociedad actual, el porcentaje de valoración positiva fue superior al 90% (63% de los alumnos encuestados con una valoración totalmente de acuerdo y 31% con valoración de acuerdo). Esto demuestra que este tipo de actividades consiguen concienciar sobre problemas de actualidad y sobre el papel que tiene la ciencia para su resolución. Sobre los temas tratados, casi la mitad de los alumnos encuestados (el 49%) señaló estar totalmente de acuerdo en que la actividad realizada le había hecho tomar conciencia de problemas relacionados con el consumo de sustancias químicas potencialmente nocivas o peligrosas, así como el 55% de los alumnos afirmaron estar totalmente de acuerdo en que gracias a la actividad habían tomado conciencia sobre

la seguridad alimentaria, el consumo y la producción sostenible. Estos resultados ponen de manifiesto que nuestro objetivo de comunicar y concienciar a los estudiantes sobre aspectos clave de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible se cumplió satisfactoriamente. Respecto al interés por la ciencia tras realizar las actividades, los encuestados mostraron mayoritariamente indecisión (41%) o ligera aprobación (27%) (figura 3). Por tanto, se puede concluir que, aunque este tipo de actividades ayuda a concienciar sobre la importancia de la ciencia para resolver problemas actuales, es necesario seguir divulgando y promoviendo. También se ha de tener en cuenta que los estudiantes de cursos más bajos no suelen tener una madurez formativa suficiente como para poder definir a qué se quieren dedicar en un futuro, por lo que las exposiciones están más orientadas a concienciar y divulgar la ciencia. Finalmente, los resultados de dicha encuesta también han demostrado que el empleo de herramientas tecnológicas, como la aplicación Kahoot, han conseguido que las sesiones desarrolladas sean más dinámicas y amenas, ya que la mayoría de los encuestados han manifestado estar de acuerdo (22%) o totalmente de acuerdo (71%) con esta afirmación.

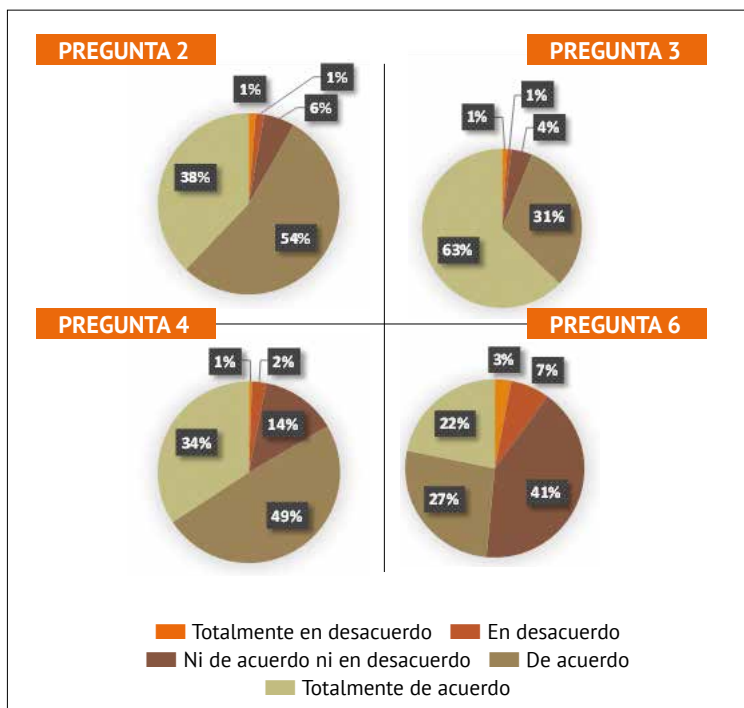


Figura 3. Algunos de los resultados obtenidos a partir de la encuesta de satisfacción realizada a los estudiantes.

Además, se utilizó un análisis de multicomponentes, ANOVA, para evaluar si había diferencias significativas en las respuestas en función de la edad de los alumnos y de su sexo, para lo cual se empleó el *software* Statgraphics Centurion versión 18, que se ejecuta en Windows 10. Un valor de $p < 0,05$ indica significación estadística. De las 13 preguntas planteadas, se obtuvieron diferencias significativas para 7 de ellas: en las preguntas 1 y 2 el análisis estadístico reveló que había diferencias significativas a la hora de responder en función del sexo de los alumnos encuestados, mientras que en las preguntas 3, 4, 6, 10 y 11 se observaron diferencias significativas en función de la edad (véase figura 4).

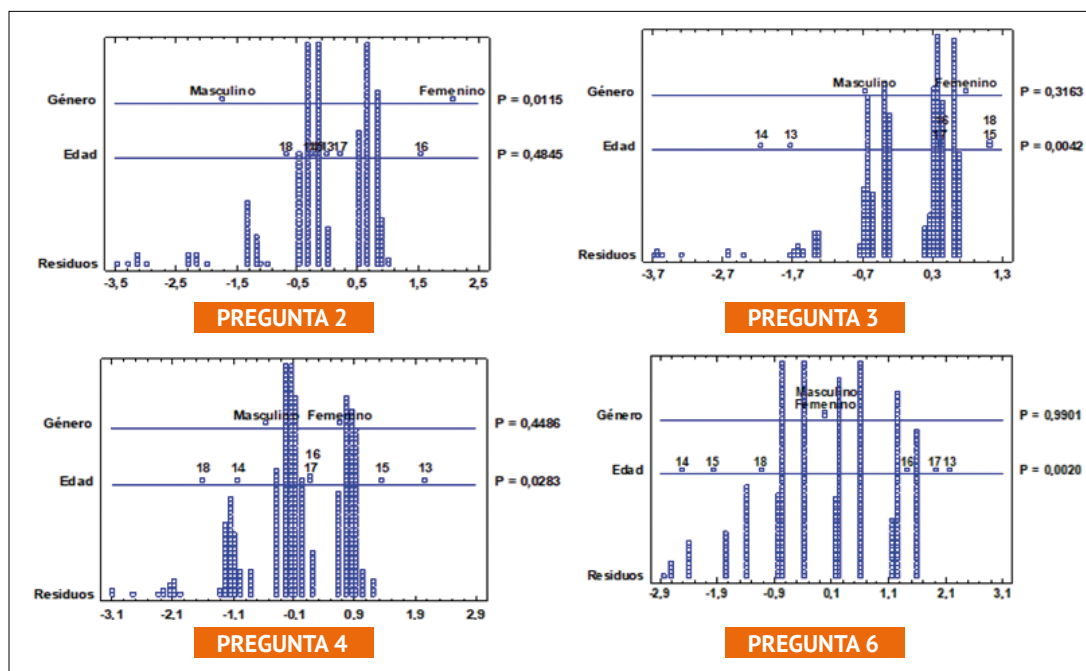


Figura 4. Análisis ANOVA multicomponente de algunas de las respuestas de los alumnos encuestados.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que un porcentaje muy elevado de los encuestados estaba de acuerdo o totalmente de acuerdo con la utilidad de las actividades desarrolladas para percibir problemáticas actuales relacionadas con el desarrollo sostenible, aprender conceptos nuevos y concienciar sobre el papel que juega la ciencia en su resolución.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]** Solbes, J. et al. (2007) El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 21, 91-117.
- [2]** Olmedo-Estrada, J. C. (2011) Educación y divulgación de la ciencia: tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8(2), 137-148.
- [3]** Shibley, I. A., Zimmar, D. M. (2002) The influence of collaborative learning on student attitudes and performance in an introductory chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education* 79(6), 745-748.

INDAGANDO SOBRE FUENTES DE ENERGÍA EN EDUCACIÓN INFANTIL

Sandra Laso Salvador¹ y Mercedes Ruiz Pastrana²

^{1,2}Facultad de Educación y Trabajo Social, Universidad de Valladolid.

Dirección de correspondencia: Sandra.laso@uva.es

Palabras clave: educación ambiental; conciencia ambiental; educación preescolar; aprendizaje por indagación; propuesta de enseñanza.

Keywords: environmental education; environmental awareness; early childhood education; inquiry learning; teaching proposal.

Resumen

Se presenta una propuesta didáctica sobre las fuentes de energía, tanto renovables como no renovables, con objeto de mejorar la conciencia ambiental del alumnado del segundo ciclo de Educación Infantil. Se ha trabajado en el área de conocimiento del entorno, a través del aprendizaje por indagación en grupos de trabajo colaborativo. Los resultados obtenidos, tras la implementación de la propuesta diseñada, muestran que el tratamiento de esta temática en un aula de infantil es viable y los alumnos se muestran más motivados e interesados por el cuidado del medio.

Abstract

A didactic proposal is presented on energy sources, both renewable and non-renewable, in order to improve the environmental awareness of children in the second cycle of Early Childhood Education. Work has been done in the area of knowledge of the environment, through learning by inquiry in collaborative work groups. The results obtained, after the implementation of the designed proposal, show that the treatment of this subject in a children's classroom is viable and that the students are more motivated and interested in caring for the environment.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge de la necesidad de cambiar la relación de los seres humanos con el medio natural, considerando que el modelo de vida actual está comprometiendo el estado de bienestar de las futuras generaciones [1]. Por ello, el ámbito educativo tiene la responsabilidad de abordar esta cuestión en todas las etapas educativas [2], incentivando y valorando la motivación de los alumnos y haciendo uso de metodologías que les hagan partícipes y protagonistas de su proceso de aprendizaje.

En este sentido, la etapa de Educación Infantil deja de ser un periodo de formación que únicamente sienta las bases para la lectoescritura. Deben adquirir conocimientos que vayan más allá de la escuela, que conecten lo que aprenden con la realidad en la que viven [3].

Con este objetivo, en el presente trabajo se presenta una propuesta didáctica basada en la indagación y apoyada en el trabajo cooperativo que, dentro del marco legislativo vigente [4,5], pretende generar conciencia ambiental en el alumnado de cinco años de Educación Infantil a través del conocimiento de las fuentes de energía.

DISEÑO DE LA PROPUESTA

Participantes

Esta propuesta se ha implementado en un Centro de Educación Infantil y Primaria (CEIP) de una población de la provincia de Valladolid, de unos 21.000 habitantes que trabajan principalmente en el sector secundario y terciario. Se trata de un centro público con gran implicación por parte de los docentes con la mejora de su práctica.

La investigación se ha llevado a cabo en el último curso de Educación Infantil. El número de alumnos en el aula es de 11, de los cuales 5 son niñas y 6 son niños. Todos ellos han participado, por lo tanto se trata de un muestreo incidental en el que no se ha producido ninguna selección previa por el investigador:

Se trata de una clase muy heterogénea, en la cual no existe mucha diferencia a nivel cognitivo entre los alumnos, a pesar de que dos de los estudiantes no entienden el idioma y se comunican mediante dibujos y monosílabos. Ambos estudiantes, uno de nacionalidad búlgara y otra de nacionalidad china, comprenden el idioma, pero no lo hablan con fluidez, pues solo hablan con palabras cortas.

De los 11 estudiantes, 4 salen del aula dos horas a la semana con la profesora de audición y lenguaje, con problemas de dislalia (pronunciación de palabras). A su vez, de los 4 estudiantes hay 1 niña con problema motriz, ya que padece de una enfermedad que afecta al desarrollo de la motricidad, tanto fina como gruesa. En este caso, la niña tiene apoyo de una profesora de pedagogía terapéutica la cual le ayuda en la socialización con los compañeros. A pesar de las diferencias, es un grupo muy colaborador y participativo, pues se ayudan unos a otros a la hora de realizar actividades.

Propuesta de enseñanza

La propuesta que aquí se presenta se enmarca principalmente dentro del área de conocimiento del entorno; no obstante, dada la etapa que nos ocupa, también se trabajan las otras dos áreas, conocimiento de sí mismo y autonomía personal, y lenguaje y comunicación.

Respecto a los contenidos de la propuesta, la temática de las fuentes de energía es cercana al alumnado de estas edades. La energía presenta para el alumnado cierto carácter mágico, pues ven su utilidad pero no su procedencia. No obstante, la motivación por construir algo en lo que se pueda ver su efecto resulta de gran interés para el alumnado. Sin embargo, no son conscientes de dónde procede esa energía, ni el impacto ambiental que produce un uso inadecuado de la misma. En la **Figura 1** se encuentran recogidos los conocimientos que se ha pretendido trabajar con el alumnado.

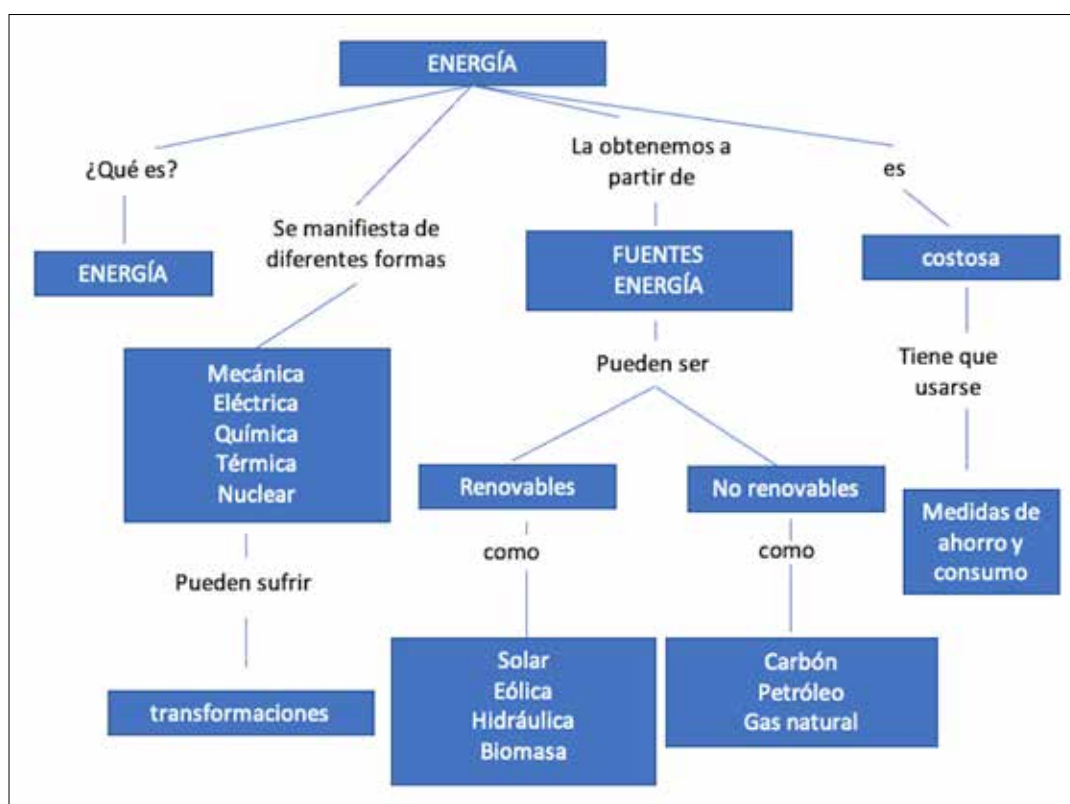


Figura 1. Contenidos de la propuesta.

Además de los contenidos señalados, también se trabajan conocimientos de carácter procedimental y actitudinal que se detallan en la **tabla 1**.

Tabla 1. Descripción de los contenidos procedimentales y actitudinales de la propuesta.

Conocimientos procedimentales	Conocimientos actitudinales
Observación	Valoración de la importancia de la energía para el ser humano
Búsqueda de información	Interés por los recursos energéticos
Comunicación de la información y reflexión	Valoración de medidas de consumo racional
Comunicación de la información y reflexión	Actitud científica Actitud participativa y de respeto

La propuesta de enseñanza se organiza por sesiones. La mayoría de ellas cuentan con la tradicional asamblea, en la que se repasan las tareas previas desarrolladas o se revisan las tareas realizadas en casa. Después, se trabaja el contenido objeto de la sesión, en la que la maestra previamente contextualiza una situación problemática que plantea a los alumnos para que puedan proceder con la indagación, que de forma habitual se realiza colectivamente.

Con las actividades propuestas se persigue capacitar a los alumnos para conectar sus aprendizajes con las fuentes de energía de nuestro entorno cotidiano. Para ello se utilizan técnicas y recursos que requieren la participación activa de todo el alumnado, utilizando estrategias de trabajo que fomentan la implicación, la motivación y la creatividad para alcanzar un aprendizaje significativo. La **tabla 2** recoge, de forma resumida, una descripción de las distintas sesiones de la propuesta.

Tabla 2. Descripción de las sesiones de la propuesta de enseñanza.

Sesión	Descripción	Tipo de actividad
1ª	La profesora plantea preguntas sobre qué es la energía y de donde procede. El alumnado va expresando sus respuestas al grupo, a la vez que la docente sintetiza las ideas en la pizarra.	Asamblea
	La maestra les pregunta si son capaces de reconocer algunas de las manifestaciones de la energía. El alumnado va respondiendo y la maestra va de nuevo anotando las ideas en la pizarra.	Situación de indignación
	Los alumnos deben dibujar, tras las explicaciones anteriores a las preguntas planteadas por la docente, qué es lo que han entendido.	Trabajo individual
2ª	La maestra pregunta al alumnado si conocen las energías renovables. Dependiendo de sus respuestas, la profesora guiará a los alumnos hacia la pregunta: “¿qué significa renovable?”. Cuando los alumnos hayan respondido, la profesora les explicará en detalle qué son las energías renovables e irá marcando las respuestas que los alumnos han dado. Para ello, deberá poner en juego las fuentes de energía no renovables, las cuales se explicarán en otra sesión.	Asamblea
	La maestra pedirá al alumnado que se sienten en equipos para que realicen la actividad de las energías renovables. A continuación, deben identificar en las imágenes mostradas las energías que SÍ son renovables y las que NO son renovables.	Situación de indagación
3ª	La profesora pedirá al alumnado que se sienten en asamblea y les preguntará “qué es la energía solar”; dependiendo de sus respuestas la profesora irá guiándolos hasta llegar a “cómo se obtiene esta energía”, pasando por las siguientes preguntas: - ¿De dónde la obtenemos? - ¿Es renovable o no renovable? - ¿Es limitada o ilimitada? - ¿Cómo obtenemos esta energía? A continuación, interiorizaremos lo visto anteriormente con el siguiente video: - https://www.youtube.com/watch?v=zHb2I3f4NYs Para que el alumnado compruebe cómo funciona esta energía la maestra llevará una calculadora, para explicar el funcionamiento de las placas.	Asamblea

Sesión	Descripción	Tipo de actividad
3ª	Al comenzar la actividad la profesora verterá agua en recipientes de plástico que colocará en la ventana (con luz directa del sol), para que los niños y niñas midan con un termómetro su temperatura. La maestra escribirá en la pizarra los valores proporcionados. A continuación, preguntará al alumnado si su temperatura va a cambiar. Pasado un tiempo, se tomará nuevamente la temperatura del agua y se apuntará en la pizarra. La profesora preguntará al alumnado y, dependiendo de las respuestas, irá guiándolos hasta llegar a la conclusión de que el sol ha calentado el agua.	Trabajo grupos
	La maestra pedirá al alumnado que escriban y unan con flechas los nombres de los elementos de los diferentes dibujos del aprovechamiento de la energía solar.	Trabajo individual
4ª	En asamblea se preguntará "qué es la energía eólica" y, dependiendo de sus respuestas, la profesora irá guiándolos hasta llegar a "cómo se obtiene esta energía". Para interiorizar lo hablado anteriormente se visionará un video: - https://www.youtube.com/watch?v=sQjWt2Gcs2o	Asamblea
	La maestra dará un folio en blanco a cada niño y niña y les pedirá que lo pinten como quieran. Cuando todos tengan su folio pintado irá guiando al alumnado para construir su propio molinillo. Para finalizar la actividad, saldrán al patio y verán cómo funciona su molino gracias al viento.	Trabajo individual
5ª	La maestra acudirá a clase con los materiales necesarios para construir un molino de agua. A medida que lo va construyendo con el alumnado, va explicando utilidad y, sobre todo, se valorará la importancia de su uso.	Situación de indagación
	En asamblea la profesora comenzará a explicar qué es la energía hidráulica, para posteriormente preguntarles: - ¿Cómo se obtiene? - ¿Es renovable o no renovable? - ¿Es ilimitada o limitada?	Asamblea
	La maestra pedirá al alumnado que se sienten por equipos y repartirá un folio en blanco a cada equipo. A continuación, les pedirá que dibujen cómo funciona la energía hidráulica.	Trabajo individual
6ª	La maestra trae distintos residuos (incluidos agrícolas y forestales) para que el alumnado los toque.	Asamblea
	La maestra lanza la idea de señalar si con esos residuos se puede obtener energía y se discute la utilidad. El alumnado debe resolver el juego del "memory de la biomasa" (https://puzzel.org/es/memory/play?p=-Moo5rv982OWGFC_Zim9) donde uno a uno irá jugando hasta completar el juego.	Situación de indagación Trabajo individual
7ª	La maestra pedirá al alumnado que se sienten en equipos para que realicen la actividad de las energías no renovables. A continuación, deben identificar en las imágenes mostradas en la ficha las energías que SÍ son renovables y las que NO son renovables.	Situación de indagación
8ª	La maestra mostrará al alumnado carbón para que lo toquen y vean. A continuación, la profesora quemará una pastilla de carbón y la pondrá en un plato de acero, sobre el cual los niños y niñas deberán pasar sus manos para que comprueben como al quemar el carbón se produce energía térmica.	Trabajo colectivo
Con la ayuda de los padres, se hará un listado de objetos que están constituidos o emplean para su funcionamiento un derivado del petróleo.		
9ª	Se hace una puesta en común de la información recogida por el alumnado, explicando cada uno de los ejemplos proporcionados. La maestra explica de donde se obtiene, y luego invita a modelizar la extracción del petróleo.	Asamblea

Sesión	Descripción	Tipo de actividad
9ª	La maestra pedirá al alumnado que se sienten en los equipos de trabajo. A continuación, entregará a cada grupo plastilina azul, ténpera negra y dos pajitas. Pedirá al alumnado que entre todo el equipo construyan una pelota de plastilina que quede hueca por dentro. Cuando tengan la pelota cogerán un palillo y le realizarán un pequeño agujero por el que deben rellenar la pelota de ténpera negra y cerrarlo. Cuando ya tengan todo, unirán las dos pajitas y las clavarán en la pelota. Para finalizar, un integrante de cada equipo deberá absorber lentamente desde arriba para ver como sube la tempera por la pajita y así comprobar entre todos cómo se extrae el petróleo. Para interiorizar lo trabajado anteriormente se pone el siguiente video: - https://www.youtube.com/watch?v=g8R867hJt3U	Asamblea
El alumnado preguntará en casa cuál es el sistema de calefacción que emplean en sus hogares.		
10ª	En asamblea se hace una puesta en común de la fuente de energía empleada para calentar los hogares del alumnado. Se preguntará "qué es el gas" y, dependiendo de sus respuestas, la profesora irá guiándolos hasta llegar a "cómo se obtiene esta energía", pasando por las siguientes preguntas: - ¿De dónde la obtenemos? - ¿Es renovable o no renovable? - ¿Es limitada o ilimitada? - ¿Cómo obtenemos esta energía?	Asamblea
	La maestra explica de dónde se obtiene, y luego invita a modelizar el transporte del gas por los gaseoductos.	Trabajo grupos
11ª	La maestra pondrá un episodio de Enermanos https://www.youtube.com/watch?v=AJyPc486MBU para sensibilizar sobre la importancia del consumo racional de la energía y los beneficios de emplear medidas de ahorro.	Asamblea
	La profesora pregunta por algunas acciones para usar adecuadamente la energía. Los alumnos van respondiendo y la maestra va anotando las ideas en la pizarra.	Situación de indagación
12ª	Por último, con la pizarra digital, la maestra repasa lo trabajado en las sesiones anteriores y se realizan ejercicios interactivos.	Trabajo colectivo

RESULTADOS

La recogida de información con alumnado de Educación Infantil siempre se presenta compleja, la comunicación escrita es limitada y la comunicación oral a veces resulta problemática. Para este trabajo se han utilizado los debates de las asambleas, las producciones gráficas individuales de los alumnos, y las respuestas de la última de las sesiones. Todo ello se ha triangulado con la información recogida en el diario por la maestra que ha desarrollado la experiencia (siguiendo las pautas del trabajo de Porlán y Martín [6]) y la rúbrica del dominio de los contenidos conseguido por parte de los alumnos. Los resultados han sido muy favorables, ya que la mayoría de los objetivos didácticos propuestos han sido alcanzados por todo el alumnado, independientemente de sus diversas condiciones. No obstante, fueron necesarias algunas adaptaciones para la alumna con discapacidad motora, que requirió la ayuda de la docente durante la manipulación de objetos. Por otro lado, el alumnado con ritmos más retardados necesitó más tiempo para la realización de las actividades.

En cuanto a las actividades, llama la atención el alto grado de entendimiento por parte del alumnado, pues no se han quedado solo con los aspectos más básicos, sino que han ido más allá, mostrando gran interés por la temática y participando animadamente en todo momento. Este interés y curiosidad se observó, tanto en el desarrollo de las actividades como al finalizar las mismas, a través de las preguntas y los comentarios que expresaron, incluso con sus familias fuera del entorno escolar. Asimismo, del análisis de los resultados obtenidos una vez concluidas las actividades, el grado de aprendizaje fue elevado, dado que el alumnado no mostró dificultades en la adquisición de estos nuevos conocimientos y su integración en acciones de la vida cotidiana.

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo ha sido el diseño de una propuesta didáctica sobre las fuentes de energía en Educación Infantil, su puesta en práctica y la valoración del aprendizaje alcanzado por parte del alumnado. Realizado el análisis de la información recogida, se exponen las conclusiones que se han podido establecer:

La planificación planteada ha permitido seleccionar contenidos relevantes, tener en cuenta los logros y las limitaciones del alumnado, y construir conocimientos de distintos tipos, mediante el uso de recursos cercanos al alumnado. Asimismo, se ha realizado la adaptación necesaria en función de los intereses e inquietudes que presentaban.

Los niños y niñas han sido los protagonistas en todo el proceso de aprendizaje, realizando las matizaciones requeridas según su grado de implicación. Sin embargo, en líneas generales el desarrollo de la propuesta se ha llevado a cabo como inicialmente había sido diseñado.

Se ha intentado que la propuesta significara una experimentación personal por parte del alumnado, aprovechando su potencial para generar conocimiento. También es relevante señalar la sensibilización sobre los problemas del desarrollo sostenible y la realización de acciones adecuadas de ahorro energético en esta etapa educativa.

Por último, una vez implementada la propuesta, se puede concluir que la experiencia ha sido muy positiva y enriquecedora para el alumnado de Educación Infantil que mostró gran interés durante la realización de todas las actividades, lo que refleja que cuando el aprendizaje es atractivo se consigue estimular y motivar al alumnado de esta etapa educativa. Además, se ha conseguido generar conciencia ambiental a estas edades tempranas y desarrollar actitudes positivas de protección, cuidado y respeto hacia el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] VILCHES, A. y GIL, D. (2016) La transición a la sostenibilidad como objetivo urgente para la superación de la crisis sistémica actual. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 395-407.
- [2] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (2020) Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020.
- [3] FLEER M. (2015) A cultural-historical model of early childhood science education. En FLEER, M., PRAMLING N. (Eds.), *A cultural-historical study of children learning science*. Dordrecht, Springer, pp. 199-213.
- [4] DECRETO 122/2007, de 27 de diciembre, por el que se establece el currículo del segundo ciclo de la Educación Infantil en la Comunidad de Castilla y León.
- [5] ORDEN EDU/721/2008, de 5 de mayo, por la que se regula la implantación, el desarrollo y la evaluación del segundo ciclo de la Educación Infantil en la Comunidad de Castilla y León.
- [6] PORLÁN, R. y MARTÍN, R. (2000) El diario como instrumento para detectar problemas y hacer explícitas las concepciones. En PORLÁN, R. y MARTÍN, J.: *El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula*. Sevilla, Díada Editora, pp.25-41.

EL APRENDIZAJE EXPERIENCIAL Y LAS ACTITUDES HACIA LA CIENCIA DE LOS FUTUROS MAESTROS DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Jorge Martín García, M^a Esther Cascarosa Salillas, Ana de Echave Sanz

Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza.

Dirección de correspondencia: araujo@unizar.es

Palabras clave: formación de profesores; actitudes; enseñanza de las ciencias; aprendizaje experiencial.

Keywords: teacher education; attitudes; science education; experiential learning.

Resumen

En este trabajo se presenta una evaluación de las actitudes hacia la ciencia de una muestra de estudiantes del Grado en Magisterio en Educación Primaria de la Universidad de Zaragoza tras haber cursado una asignatura enfocada desde la perspectiva del aprendizaje experiencial. Para ello se ha empleado un cuestionario formado por tres instrumentos diferentes y administrado tras la intervención. Los resultados obtenidos muestran que los encuestados manifiestan actitudes moderadamente favorables hacia la ciencia y que la metodología empleada ha resultado dinámica y agradable para el alumnado, incrementando su interés en la enseñanza de las ciencias.

Abstract

For the last two courses a methodology based on experiential learning was applied in one of the scientific subjects of the Degree in Primary Education at the University of Zaragoza. In this communication an evaluation of that methodology from the student's perspective is presented. A combination of three different instruments were used to measure students' attitudes towards science and their opinion about the methodology used. Results showed that they consider science an essential subject in primary education, that they had pretty positive attitudes towards science and that it has been interesting and pleasant for them to work in such a manner.

INTRODUCCIÓN

El perfil de los estudiantes que ingresan en los Grados de Magisterio en Educación Infantil y en Educación Primaria es, por lo general, el de un alumno que se considera a sí mismo “de humanidades” o “de letras”, con una experiencia limitada en ciencias porque muchos de ellos dejaron de cursar estas materias a lo largo de la Educación Secundaria, o incluso habiendo tenido malas experiencias en el ámbito [1]. Por ello, muchos se sienten inseguros a la hora de tener que enseñar estas materias y no se ven a sí mismos como maestros de ciencias porque no se sienten capacitados para ello. En este sentido, muestran una baja confianza en sus conocimientos previos [2], considerando que carecen de los conocimientos disciplinares básicos y los recursos necesarios para llevar las ciencias al aula.

En consecuencia, cuando llegan a la facultad una gran cantidad de ellos muestra una actitud poco favorable hacia las ciencias e incluso un cierto desafecto por estas disciplinas que a veces incluso se convierte, directamente, en rechazo [3]. Por lo tanto, para que la preparación científica de los futuros maestros y maestras sea completa, esta no puede limitarse exclusivamente al ámbito del contenido disciplinar; del co-

nocimiento del contenido y las habilidades científicas; ni tampoco puede quedarse en las aproximaciones didácticas y el conocimiento psicopedagógico y metodológico; sino que es imprescindible que incorpore, además, la dimensión actitudinal y la imagen de la ciencia que tienen los estudiantes.

El dominio actitudinal tiene especial relevancia en la preparación del profesorado precisamente porque son los docentes quienes deciden qué, cuándo y cómo enseñar; de manera que sus actitudes van a condicionar, consciente o inconscientemente, su práctica docente, por lo que pueden convertirse en un verdadero obstáculo para la enseñanza o, por el contrario, en uno de los promotores más eficaces [4]. Parece lógico pensar que si un determinado maestro manifiesta una actitud más favorable hacia las ciencias mostrará también una mejor disposición para diseñar y seleccionar recursos, estrategias y actividades adecuadas para facilitar el aprendizaje y para dar a conocer y valorar la ciencia, promoviendo, a su vez, una actitud más positiva entre los estudiantes.

Del mismo modo, las actitudes de los docentes condicionan el tiempo que estos dedican a cada materia en el aula [4,5], de manera que unas actitudes más positivas normalmente se traducen en una mayor calidad y cantidad de tiempo dedicado a discutir, trabajar o enseñar ciencias en el aula y, por el contrario, cuando el docente no muestra esta disposición los tiempos dedicados a estas materias se ven significativamente reducidos.

Por otro lado, las actitudes del maestro pueden llegar a transmitirse al alumno, especialmente en las primeras etapas educativas cuando los niños y niñas tienen su primer contacto con la ciencia, perfilando su imagen y sus actitudes hacia ella. En este sentido, existe un cierto consenso en la bibliografía sobre cómo las actitudes del alumnado pueden tener un impacto significativo en lo que aprenden [5]. Dicho de otro modo, mientras que la existencia de actitudes negativas tiene una influencia perjudicial para el proceso de aprendizaje, una buena actitud científica parece estar relacionada con un buen rendimiento académico en las materias de ciencias [6].

En este contexto (**figura 1**), diferentes autores han planteado la necesidad de conocer y comprender las actitudes hacia la ciencia de los futuros educadores. Por lo tanto, la cuestión de fondo que se plantea es por qué las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes de magisterio son tan poco favorables. Aunque se trata de un fenómeno complejo donde intervienen diferentes factores y distintos motivos, sin duda uno de los más relevantes es la metodología, el cómo se enseñan las ciencias. De hecho, son varios los estudios [por ej., 7,8] que han mostrado cómo la actitud de los estudiantes hacia las ciencias va empeorando a medida que avanzan en el sistema educativo, aunque siguen considerando la ciencia como un elemento fundamental para la sociedad, lo que quizá puede indicar que no es tanto la ciencia en sí misma lo que genera el rechazo sino el cómo esta se presenta y se trata en la escuela.

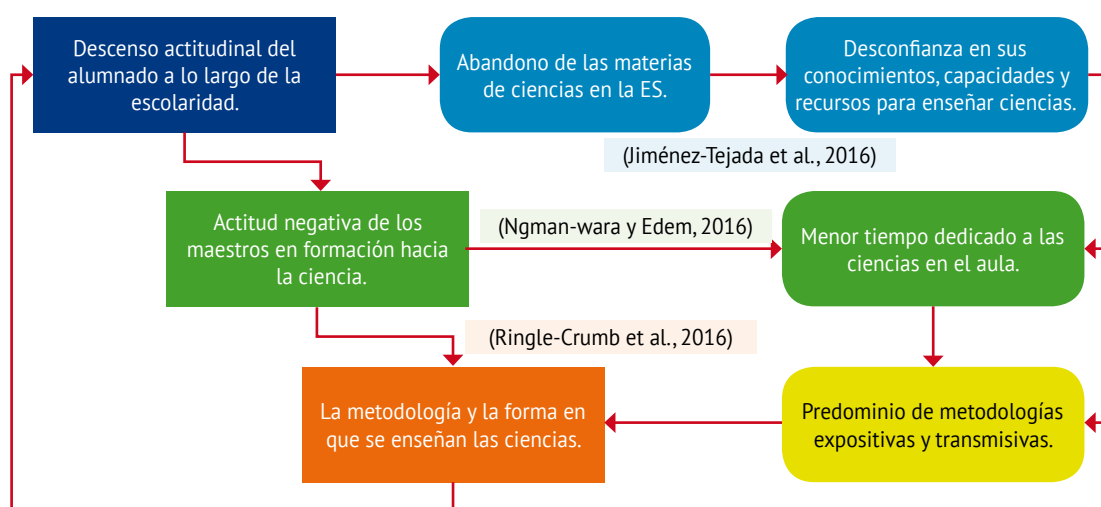


Figura 1. Problemática en que se enmarca el estudio. (Elaboración propia).

Esta comunicación se enmarca en esta línea de pensamiento, centrando la atención en la influencia de la metodología en las actitudes hacia la ciencia de los maestros en formación. En concreto, presenta un análisis exploratorio de las actitudes hacia la ciencia de una muestra de futuros maestros de EP tras haber participado durante un cuatrimestre en una asignatura planteada desde la perspectiva del aprendizaje experiencial y valorar, en la medida de lo posible, las opciones que ofrece dicha metodología para mejorarlas.

CONTEXTO

La asignatura de “Didáctica del Medio Físico-Químico” del segundo curso del Grado en Magisterio en Educación Primaria de la Universidad de Zaragoza constituye el primer contacto de los estudiantes con la didáctica de las ciencias y se ha diseñado con el propósito de lograr un cambio de mentalidad en los alumnos y de conseguir que comiencen a sentirse más seguros a la hora de enseñar ciencias en Educación Primaria.

En este contexto, para abordar la asignatura se ha planteado una intervención metodológica diseñada en el marco de los trabajos prácticos de laboratorio [9] y puesta en práctica conforme a los principios del aprendizaje experiencial [10]. Este es un marco teórico ampliamente empleado en el ámbito educativo y especialmente adecuado para la Educación Primaria [11] porque ofrece la oportunidad de combinar aproximaciones teóricas y prácticas para generar un conocimiento y enfatiza la relación entre experiencia, conocimiento y emoción.

Durante los dos últimos cursos, a lo largo de la asignatura y en parejas, los estudiantes han realizado un total de cinco trabajos prácticos en el laboratorio en los que se abordan diferentes aspectos fisicoquímicos: (1) luz y color; (2) mezclas y separaciones, (3) electricidad y circuitos, (4) cambio químico y cambio físico; y (5) flotabilidad y fuerzas.

Para completarlos, los alumnos disponían de un guion de preguntas abiertas para cada una de las prácticas que, si bien contribuyen a focalizar la atención de los alumnos, orientar el trabajo y las observaciones, al mismo tiempo les permite mantener una gran libertad para manipular los materiales, para plantearse sus propias preguntas e ir construyendo explicaciones propias. Finalmente, durante la asignatura los estudiantes deben elaborar su cuaderno de laboratorio, el cual, además de una herramienta para anotar todas aquellas observaciones, reflexiones e ideas surgidas a lo largo de la práctica, es también un recurso para potenciar la reflexión didáctica de los futuros maestros [12].

MÉTODO

El estudio se ha desarrollado a través de una metodología de encuestas [13] porque estas permiten recabar información de manera sencilla sobre aspectos que son difícilmente observables como son, en este caso, las actitudes de los futuros maestros de Educación Primaria. En él han participado 33 estudiantes de segundo curso del Grado en Magisterio en Educación Primaria de la Universidad de Zaragoza, de los cuales solamente 11 habían cursado un bachillerato de ciencias, mientras que 22 provenían de otras modalidades.

La información se ha recogido a través de un cuestionario administrado una vez finalizada la participación del alumnado en la asignatura. Este estaba formado por tres instrumentos diferentes y combinó preguntas de naturaleza cerrada con otras abiertas en las que los estudiantes pudieron desarrollar su propia respuesta.

El primer instrumento recogía los 24 ítems del cuestionario empleado por Mazas y Bravo (en adelante “Cuestionario MB”) para medir las actitudes de los futuros maestros de infantil y primaria también en la Universidad de Zaragoza [14]. El cuestionario distribuye estos 24 ítems en cuatro categorías distintas:

1. **Imagen de la ciencia:** percepción sobre el papel jugado por la ciencia y la tecnología en la sociedad y la mejora de la calidad de vida.
2. **Ciencia escolar:** valoración de la enseñanza de las ciencias en la escuela a partir de sus experiencias previas.
3. **Medio ambiente:** actitudes hacia el papel de la ciencia como elemento para hacer frente a los problemas medioambientales.

4. Didáctica de las ciencias: aspectos como la relevancia de enseñar ciencias en la escuela o su percepción de su propia capacidad para hacerlo.

Las respuestas fueron puntuadas en una escala *Likert* de cuatro opciones (Muy en desacuerdo, En desacuerdo, De acuerdo y Muy de acuerdo) a los que se asignaron valores comprendidos entre 1 y 4 respectivamente, de manera que el valor medio de la escala, indicativo de una actitud neutra, se situó en el valor 2,5.

El segundo instrumento está formado por 10 reactivos adaptados y traducidos del cuestionario *Continuing Motivation Survey* diseñado por Fortus y Vedder-Weiss (en adelante “Cuestionario FW”) [15]. Esta escala se empleó como complemento a la anterior porque proporciona información sobre las tendencias o intenciones del alumnado de acercarse a la ciencia por iniciativa propia en contextos fuera de la facultad.

Los ítems fueron puntuados en una escala *Likert* con cinco opciones (Nunca, Rara vez, A veces, Habitualmente; Siempre) a las que se le asignaron puntuaciones entre 1 y 5 respectivamente, de manera que, en este caso, el punto medio de la escala se situó en el valor 3. Cinco de los ítems incorporados estaban redactados en sentido negativo, por lo que antes de realizar el tratamiento de datos se procedió a crear variables inversas para que en todos los ítems un valor más próximo a 5 sea indicativo de una mayor tendencia a realizar una actividad relacionada con la ciencia fuera de la facultad.

Finalmente, el último instrumento estaba compuesto por una pregunta abierta adicional (*¿Cuál es tu valoración final de la asignatura y la forma de trabajar en ella? ¿Hay algo más que quieras compartir con nosotros?*) en la que los estudiantes podían destacar aquellos aspectos que consideran más relevantes y matizar sus respuestas anteriores. Además, esta pregunta permite obtener otro tipo de indicadores y evidencias que complementen las obtenidas con los cuestionarios dado que estudios como el de Toma han puesto en tela de juicio las propiedades psicométricas de los instrumentos dedicados a la medida de las actitudes hacia la ciencia [16].

Los datos obtenidos de los cuestionarios se han sometido a un análisis estadístico descriptivo e inferencial realizado empleando el software SPSS versión 19.0. Se ha trabajado con cada uno de los instrumentos por separado y para cada estudiante se ha calculado la puntuación obtenida en cada uno de ellos como la media aritmética de los valores de cada uno de los ítems que componen el instrumento, de manera que cada ítem tiene el mismo peso dentro de la puntuación final. Además, en el caso del Cuestionario MB se ha repetido este procedimiento con cada una de las cuatro categorías.

RESULTADOS

La **tabla 1** recoge los valores promedio de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en cada uno de los cuestionarios y cada una de las categorías.

Tabla 1. Valores promedio para las puntuaciones obtenidas por el alumnado en cada instrumento y cada categoría (n=33).

Cuestionario/Categoría	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Cuestionario MB	3,23	0,45	1,33	3,96
<i>Imagen ciencia</i>	3,47	0,57	1,00	4,00
<i>Ciencia escolar</i>	3,01	0,49	1,60	4,00
<i>Medio Ambiente</i>	3,33	0,57	1,00	4,00
<i>Didáctica de las ciencias</i>	3,31	0,51	1,50	4,00
Cuestionario FW	2,99	0,42	2,00	3,90

En primer lugar, el valor medio obtenido en el Cuestionario FW (2,99) se sitúa ligeramente por debajo del valor medio de la escala (3,0) lo que indica que los futuros maestros no muestran un gran interés en involucrarse en actividades relacionadas con la ciencia fuera de la facultad. Dentro de las diferentes actividades sobre las que pregunta, la que presenta valores más elevados es el ítem que alude a ver programas de con-

tenido científico en la televisión, seguido de la lectura de *tweets* o *emails* de contenido científico mientras que el que presenta valores más bajos es el referido a realizar experimentos fuera de la escuela. De hecho, muy pocos de ellos reconocen haber realizado pequeños experimentos científicos fuera del aula.

Por su parte, en el caso del cuestionario MB, los valores de las medias, obtenidos tanto para el instrumento completo como para cada una de las categorías establecidas en el mismo, indican que los estudiantes manifiestan una actitud moderadamente favorable hacia las ciencias una vez finalizada la asignatura, pues todas las puntuaciones medias se sitúan por encima del valor neutro (3,00).

La categoría menos valorada es la ciencia escolar (puntuación media de 3,01), y a pesar de obtener la puntuación media más baja, los estudiantes reconocen que la ciencia escolar puede jugar un papel determinante en el desarrollo de capacidades y ayudar a comprender el mundo que los rodea. Quizá por ello también reconocen la necesidad de presentar una ciencia atractiva y motivante y se consideran preparados para afrontar el reto que supone enseñar ciencias en Educación Primaria (3,31). Los fragmentos que se presentan a continuación, extraídos de las cuestiones abiertas, ayudan a clarificar esta tendencia:

«Cuando yo fui alumna en el colegio, no aprendí nada que profundizase en la ciencia. A día de hoy soy consciente que es necesaria dentro de las materias escolares porque se encuentra presente en muchas ocasiones de nuestro día a día, por ello tengo muchas ganas de poder impartir clases en las que trate contenidos como estos y practicar a la vez con el alumnado».

«Antes de empezar esta asignatura no sabía si tendría mucha utilidad en el futuro, pero una vez impartida, he cambiado mi opinión me parece muy útil para los niños además con las prácticas de laboratorio se ve lo abordado en las clases teóricas de una manera más clara y dinámica, me parecen muy útiles e interesantes».

Por otra parte, la categoría mejor valorada es imagen de la ciencia (3,47), cuyas puntuaciones permiten deducir que los futuros maestros valoran positivamente el papel jugado por la ciencia en el bienestar social y en el desarrollo de los pueblos y que la consideran un factor clave para mejorar la calidad de vida. De manera similar, también reconocen la estrecha relación que la vincula con el medio ambiente y la capacidad que puede llegar a tener para hacer frente a los problemas medioambientales (3,33).

En segundo lugar, se han comparado las puntuaciones medias obtenidas por los estudiantes que habían cursado un bachillerato de ciencias con las obtenidas por los aquellos que habían cursado cualquier otra modalidad (**tabla 2**). No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) salvo en el caso de la categoría medio ambiente donde los estudiantes que no han cursado bachillerato de ciencias muestran una puntuación ligeramente superior.

Tabla 2. Valores de significatividad obtenidos en las pruebas estadísticas. Se muestran en negrita aquellos que indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0,05$).

Cuestionario/Categoría	Modalidad de bachillerato
Cuestionario MB	.778
<i>Imagen ciencia</i>	.166
<i>Ciencia escolar</i>	.560
Medio Ambiente	.048
<i>Didáctica de las ciencias</i>	.721
Cuestionario FW	.150

Por último, con respecto a la valoración de la metodología experiencial empleada en la asignatura, las respuestas de los maestros y maestras en formación a la pregunta abierta indican que aquella les resulta dinámica y agradable, que ha despertado su curiosidad e interés y que redundará en un incremento de la motivación que facilita el aprendizaje. Algunos, además, reconocen que valoran la experiencia de la asignatura no sólo por la utilidad que perciben en las sesiones prácticas de laboratorio sino también por cómo les ha aportado recursos para trabajar las ciencias en sus futuras clases:

«Que se haya enfocado tanto la asignatura hacia la parte práctica me parece un punto muy positivo ya que motiva mucho para aprender».

«La forma práctica de impartir la asignatura hace que los alumnos nos intereseamos más por los conocimientos y facilitan el aprendizaje».

«He asimilado mejor conceptos dados con anterioridad y he aprendidos otros nuevos que desconocía o no pensaba que los podíamos tener tan a nuestro alcance».

«Al principio, aunque tenía los conocimientos no sabía cómo traspasarlos, sin embargo, ahora he comprendido gracias a esta asignatura nuevas técnicas para que los niños aprendan y se motiven a través de la ciencia. Creo que estoy preparada para ser profesora en esta área».

DISCUSIÓN

El aprendizaje de las ciencias es mucho más que un proceso cognitivo, razón por la que diferentes autores [17] han señalado la importancia de reconocer también la influencia de los factores afectivos o actitudinales en el proceso. Es por ello que es importante emplear metodologías que incidan en ambos dominios, cognitivo y afectivo, especialmente en casos como el de la formación de futuros docentes donde muchos de los estudiantes, o bien hace tiempo que tuvieron su último contacto con la ciencia en el ámbito escolar, o bien han tenido experiencias previas en el campo que no han sido positivas. De hecho, trabajos como el de van Alderen-Smeets y colaboradores han mostrado cómo las actitudes de los maestros están muy influidas por sus experiencias como estudiantes y por cómo percibían la enseñanza de la ciencia entonces [18].

Esta tendencia se puede apreciar, por ejemplo, en las puntuaciones obtenidos por los futuros maestros en el cuestionario MB, que muestran cómo estos reconocen el papel jugado por la ciencia en la sociedad y su relevancia, así como su relación con el medio ambiente, y son conscientes de la importancia de su enseñanza pero, por contra, cuando se trata de valorar su propia experiencia escolar muestran puntuaciones algo más bajas. Estos resultados refuerzan la idea antes comentada de que quizá muchas veces lo que sucede no es que las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes sean malas, sino que lo desfavorable son sus actitudes hacia la ciencia escolar, tal como se infiere también de los estudios de otros autores [8,14].

Esta evaluación de las actitudes hacia la ciencia de los maestros y maestras en formación, que constituye el núcleo del estudio presentado, se muestra en consonancia con los resultados que pueden encontrarse en distintos trabajos realizados en diferentes contextos y momentos temporales pero que también muestran que las actitudes de los futuros educadores hacia la ciencia son neutras o ligeramente positivas y que estos consideran esencial la enseñanza de las ciencias en las primeras etapas educativas [2,14,19,20].

En otro orden de ideas, si bien es claro que lo que sucede en el aula, cómo se presenta y se trabaja la ciencia es uno de los determinantes fundamentales a la hora de forjar las actitudes hacia las diferentes disciplinas científicas, no lo es menos que es necesario atender a lo que sucede más allá de los muros de la clase, pues mucho de lo que una persona aprende deriva de vivencias que se producen fuera del entorno escolar y estas también van a condicionar sus actitudes hacia las diferentes materias.

Estos datos revelan la necesidad de mostrar a los estudiantes que es posible experimentar con materiales caseros, con sustancias simples que no entrañan riesgos y que sus futuros alumnos están habituados a emplear. Este es uno de los factores que se ha tenido en consideración a la hora de diseñar las diferentes prácticas de la asignatura por lo que se espera que esta situación pueda mejorar en adelante, a medida que los estudiantes vayan desarrollando su carrera profesional.

Por otra parte, los resultados del cuestionario FW indican que sí es posible lograr que los estudiantes tengan contacto con la ciencia si este no les demanda un esfuerzo activo, pero, en cambio, cuando esa interacción demanda una implicación activa por parte del estudiante la tendencia es mucho menos favorable y es menos probable que se produzca. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de conseguir que los estudiantes se impliquen en mayor medida con la ciencia fuera de la escuela. En este sentido, los futuros profesionales de la educación van a necesitar continuar formándose una vez graduados, aprendiendo a lo largo de toda su vida y por ello es esencial que su preparación inicial plante una semilla que luego pueda germinar a medida que vayan acumulando nuevas experiencias.

CONCLUSIONES

En primer lugar, los resultados cuantitativos obtenidos son similares a los presentados por otros autores en otros contextos y remarcan la importancia de continuar prestando atención al dominio actitudinal en la formación de los futuros maestros y de hacerlo, además, desde la perspectiva metodológica

Por otro lado, quizá porque el enfoque experiencial permite a los estudiantes tener contacto directo con los fenómenos e involucrarse intelectual, emocional, social y físicamente, tomar decisiones, experimentar e investigar; los hallazgos cualitativos del estudio muestran indicios de que, a pesar de las limitaciones impuestas por la situación sanitaria, que reduce las posibilidades de interacción y de manipulación, los estudiantes reciben la propuesta metodológica con interés y agrado.

En líneas generales, también indican que la forma de trabajar propuesta supone un cierto avance en cuanto a la superación de las inseguridades que sienten los maestros en formación a la hora de verse a sí mismos enseñando ciencias y, de hecho, parece haber incidido especialmente en el interés que la ciencia genera en los estudiantes, por lo que puede resultar efectiva para generar un mejor aprendizaje de la ciencia y de su didáctica entre los futuros maestros de primaria.

En cualquier caso, es cierto que parece necesario plantear nuevos estudios que continúen ahondando en el conocimiento sobre las actitudes de los futuros maestros de educación primaria y los elementos que las determinan y que permitan determinar, mediante comparaciones pre- y post- intervención, hasta qué punto la propuesta metodológica planteada resulta efectiva para modificar las actitudes de los participantes. En la misma línea, de manera similar, sería conveniente realizar nuevos trabajos desde una perspectiva más cualitativa que aporte una mayor profundidad a los datos y que complemente los estudios cuantitativos que se han realizado hasta el momento proporcionando una mayor riqueza interpretativa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al grupo BEAGLE de investigación en Didáctica de la Ciencias Experimentales (S27_17R. Gobierno de Aragón-IUCA) y al proyecto PID2021-1236150A-I00. Jorge Martín disfruta de un contrato predoctoral del Gobierno de Aragón (ORDEN IIU/796/2019).

REFERENCIAS

- [1] JIMÉNEZ-TEJADA, M. P., ROMERO-LÓPEZ, M. C., ALMAGRO-FERNÁNDEZ AGNÈS, M., GONZÁLEZ-GARCÍA, F., VÍLCHEZ-GONZÁLEZ, J. M. (2016) Spanish teaching students' attitudes towards teaching science at the pre-school level. SHS Web of Conferences 26, 01103. doi:10.1051/shsconf/20162601103
- [2] ERDEN, F.T., SÖNMEZ, S. (2011) Study of Turkish preschool teachers' attitudes toward science teaching. International Journal of Science Education, 33, 1149-1168. doi:10.1080/09500693.2010.511295
- [3] DEECHAVE, A., MORALES, M.J., SÁNCHEZ, M.D. (2010) ¿Qué valor atribuye el profesorado de Educación Primaria en formación al conocimiento de los aspectos físico-químicos del medio? Repercusiones en la docencia universitaria. En CiDd: II Congrés Internacional de Didàctiques (1o Ed., pp. 1-5). Universitat de Girona. Servei de Publicacions.
- [4] NGMAN-WARA, E. I., EDEM, D. I. (2016) Pre-service basic science teachers' self-efficacy beliefs and attitudes towards science teaching. International Journal for Innovation Education and Research 4, 20-41. doi:10.31686/ijier.vol4.iss8.576
- [5] RIEGLE-CRUMB, C., MORTON, K., MOORE, C., CHIMONIDOU, A., LABRAKE, C., KOPP, S. (2015) Do inquiring minds have positive attitudes? The science education of preservice elementary teachers. Science Education 99, 819-836. doi:10.1002/sce.21177
- [6] TALAVERA, M., MAYORAL, O., HURTADO, A., MARTÍN-BAENA, D. (2018) Motivación docente y actitud hacia las ciencias: Influencia de las emociones y factores de género. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 17, 461-475.

- [7] TOMA, R. B., ORTIZ-REVILLA, J., GRECA, I. M. (2019) ¿Qué actitudes hacia la ciencia posee el alumnado de Educación Primaria que participa en actividades científicas extracurriculares? *Ápice. Revista de Educación Científica* 3, 55-69. doi:10.17979/arec.2019.3.1.4599
- [8] VIDAL, M., DAPÍA, M. D., ESCUDERO, R. (2021) Usos y opiniones de los estudiantes de Educación Primaria sobre la metodología docente en la enseñanza de las ciencias. *Revista Iberoamericana de Educación* 87, 153-170. doi:10.35362/rie8724469
- [9] DEL CARMEN, L. (2011) El lugar de los trabajos prácticos en la construcción del conocimiento científico en la enseñanza de la Biología y la Geología. En *Didáctica de la biología y la geología* (pp. 91-108). Secretaría General Técnica.
- [10] KOLB, D.A. (2015) *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (Second edition). Pearson Education, Inc.
- [11] COTIČ, N., PLAZAR, J., ISTENIČ STARČIČ A., ZULJAN, D. (2020) The effect of outdoor lessons in natural sciences on students' knowledge, through tablets and experiential learning. *Journal of Baltic Science Education* 19, 747-763. doi:10.33225/jbse/20.19.747
- [12] DE ECHAVE SANZ, A., CASCAROSA SALILLAS, E., SERÓN TORRECILLA, F. J. (2018) El cuaderno de laboratorio: Un instrumento para la reflexión didáctica del profesorado. En *28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 391-396). Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións.
- [13] FONTES DE GRACIA, S., GARCÍA-GALLEGO, C., QUINTANILLA, L., RODRÍGUEZ, R., RUBIO DE LEMUS, P., SARRIÁ, E. (2010) *Fundamentos de investigación en psicología* (Primera). Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED.
- [14] MAZAS, B., BRAVO, B. (2018) Actitudes hacia la ciencia del profesorado en formación de Educación Infantil y Educación Primaria. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado* 22, 329-348.
- [15] FORTUS, D., VEDDER-WEISS, D. (2014). Measuring students' continuing motivation for science learning. *Journal of Research in Science Teaching* 51, 497-522. doi:10.1002/tea.21136
- [16] TOMA, R. B. (2020) Systematic review of attitude toward science tools (2004-2016). *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas* 38, 143. doi:10.5565/rev/ensciencias.2854
- [17] CHAN, Y. L., NORLIZAH, C. H. (2018) Students' motivation towards science learning and students' science achievement. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development* 6), 174-189. doi:10.6007/IJARPED/v6-i4/3716
- [18] VAN AALDEREN-SMEETS, S. I., WALMA VAN DER MOLEN, J. H., ASMA, L. J. F. (2012) Primary teachers' attitudes toward science: A new theoretical framework. *Science Education* 96, 158-182. doi:10.1002/sce.20467
- [19] GARCÍA-RUIZ, M., SÁNCHEZ, B. (2006) Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles educativos* 28, 61-89.
- [20] RIVADULLA LÓPEZ, J. C., RODRÍGUEZ CORREA, M., GONZÁLEZ IGLESIAS, Ó. (2021). Actitudes hacia las ciencias de la naturaleza de los maestros en formación y en ejercicio de Educación Primaria. *Revista Complutense de Educación* 32, 581-591. doi:10.5209/rced.70856.

UNA PROPUESTA DIDÁCTICA CTSA PARA FÍSICA Y QUÍMICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Ángela Martín-Serrano Ortiz^{1,2}, Mercedes Torre Roldán¹

¹ Universidad de Alcalá, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Analítica, Química Física e Ingeniería Química (Área: Q. Analítica).

² Grupo de Didáctica e Historia de la Física y la Química, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química (España).

Dirección de correspondencia: angela.martins@uah.es

Palabras clave: ciencia; tecnología; sociedad; ambiente (CTSA); energía; calor; borrasca Filomena; cambio climático; "fake news".

Keywords: science; technology; society; environment (STSE); energy; heat; Filomena storm; climate change; fake news.

Resumen

Esta propuesta Ciencia, Tecnología, Sociedad, Ambiente (CTSA) se desarrolla en torno a la pregunta central ¿Está relacionada la borrasca Filomena con el cambio climático? Con ella se pretende que los/las estudiantes aprendan contenidos relacionados con la energía, concretamente con el calor y la temperatura, y que, a su vez, tomen conciencia sobre el cambio climático y el uso responsable de los recursos energéticos. Además, desarrollarán el sentido crítico y utilizarán el conocimiento científico para interpretar de forma objetiva las distintas fuentes de información que aparecen en los medios e Internet con respecto al cambio climático.

Abstract

This Science, Technology, Society and Environment (STSE) proposal is developed around the central question: Is Filomena storm related to climate change? The aim of the proposal is that students learn content related to energy, specifically to heat and temperature, as well as that they become aware of climate change and the need for responsible use of energy resources. In addition, it is intended that they develop a critical sense and use of scientific knowledge to interpret objectively different sources of information they will find in the media and on the Internet regarding climate change.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Mendoza y Abelenda [1] la energía es una idea matemática y abstracta cuyo aprendizaje presenta mayor dificultad para los/las estudiantes de educación secundaria, a pesar del uso que hacen de él en su vida cotidiana. Algunas ideas previas con respecto a la energía, el calor y la temperatura han sido recogidas en la literatura por diversos autores [2-5]. Estas preconcepciones, unidas a la forma confusa en la que los contenidos de este bloque se presentan en algunos libros de texto [3], dificultan el aprendizaje de los contenidos de este bloque del currículo.

Una estrategia para mejorar el aprendizaje significativo de los contenidos del Bloque de Energía de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) es la propuesta de actividades con orientación "Ciencia, Tecnología, Sociedad" (CTS) o su concepción más actualizada, "Ciencia, Tecnología, Sociedad, Ambiente" (CTSA) [6]. Si bien la incorporación de contenidos CTSA en los libros de texto ha ido mejorando en los últimos años, aún presenta serias deficiencias, como la falta de integración de estas actividades en el texto principal de los contenidos o el escaso tratamiento que se hace de otros aspectos CTS como son la toma de decisiones, las valoraciones críticas, los aspectos históricos de la ciencia o el uso de controversias.

En este trabajo se presenta una propuesta CTSA orientada a la física y, en particular, a la energía, con el objeto de contribuir a la alfabetización científica del alumnado de educación secundaria, a su motivación hacia el aprendizaje de la ciencia y para hacerle partícipe de la importancia de esta disciplina científica en su entorno social.

ANÁLISIS DE LA PROPUESTA

El cambio climático y sus efectos en nuestras vidas es una problemática que no deja indiferente a nadie en los últimos años y que se propone en este trabajo como hilo conductor para el aprendizaje significativo basado en un enfoque CTSA de determinados contenidos del bloque “Energía” correspondiente a la asignatura Física y Química de 3^{er} curso de la ESO, según se muestra en la **tabla 1**.

Tabla 1. Relación entre el problema tratado en la propuesta, contenidos del currículo y contenidos CTSA.

Problema	Contenidos curriculares del bloque “Energía”	Contenido CTSA
Cambio climático	Concepto de clima. Concepto de desarrollo sostenible. Conceptos de calor y temperatura. Contaminación atmosférica. Efecto invernadero.	Contribución de la actividad humana al cambio climático. Políticas nacionales e internacionales para mitigar el cambio climático. Repercusiones sociales, económicas y medioambientales del cambio climático.

La propuesta didáctica CTSA se divide en ocho actividades, que pueden implementarse en su totalidad o bien parcialmente, en función de la programación temporal del bloque que se estudia. De ellas, cuatro (actividades 1, 3, 6 y 7) tienen un marcado enfoque orientado al aprendizaje de conceptos teóricos del bloque; las otras cuatro tienen un carácter más aplicado y multidisciplinar. Por otra parte, las actividades 4 y 8 contribuyen al objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 13, en particular a la meta 3: “Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana”.

Competencias clave, saberes básicos y objetivos específicos

Con esta propuesta se trabajan todas y cada una de las competencias clave recogidas en el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria [7], así como varios saberes básicos del Bloque Energía, recogidos en la **tabla 1**.

Tabla 1. Saberes básicos que se tratan en la propuesta.

Diseño y comprobación experimental de hipótesis relacionadas con el uso doméstico e industrial de la energía en sus distintas formas y las transformaciones entre ellas. | Elaboración fundamentada de hipótesis sobre el medio ambiente y la sostenibilidad a partir de las diferencias entre fuentes de energía renovables y no renovables. | Análisis y aplicación de los efectos del calor sobre la materia para aplicarlos en situaciones cotidianas.

Por otra parte, en la **tabla 2** se muestra la relación de las distintas actividades de la propuesta con los objetivos de materia y los conocimientos específicos que se tratan.

Tabla 2. Relación de las distintas actividades de la propuesta con objetivos (numerados de 1 a 3) y los contenidos específicos del Bloque Energía.

Actividades 1, 2, 6 y 7
O1. Diferenciar los conceptos calor, temperatura, energía cinética y energía térmica. <ul style="list-style-type: none"> ▶ Concepto de energía, calor y temperatura. (CC) ▶ Identificación de mecanismos de transferencia de energía en situaciones cotidianas. (CP)
Actividades 1, 2, 3 y 5
O2. Interpretar situaciones cotidianas en las que se manifiestan los efectos del calor. <ul style="list-style-type: none"> ▶ Cambios de temperatura, dilatación y contracción y cambios de estado. (CC) ▶ Realización de experimentos sencillos sobre equilibrio térmico. (CP)
Actividad 4 y 8
O3. Analizar las consecuencias del derroche energético para nuestro planeta. <ul style="list-style-type: none"> ▶ Energías renovables y no renovables. (CC) ▶ Cambio climático. (CC) ▶ Concienciación sobre la necesidad de ahorro energético para el desarrollo sostenible. (CA)

CC: Contenidos conceptuales. **CP:** Contenidos procedimentales. **CA:** Contenidos actitudinales.

Metodología y recursos didácticos

La metodología didáctica que se propone para el desarrollo de esta propuesta está basada, fundamentalmente, en la clase magistral participativa, en la que se utilizan diferentes tipos de recursos: vídeos, demostraciones de cátedra, analogías, mapas conceptuales, lluvia de ideas, debates, lectura o escritura, búsqueda de información y actividades extraacadémicas.

En cuanto al tipo de agrupación del alumnado, hay unas actividades que se realizan a modo individual, otras se realizan en pequeños grupos y en otras participa toda la clase, lo que enriquece la propuesta.

Desarrollo de la propuesta

El/la profesor/a comenzará con una primera sesión introductoria en la que se invitará a los alumnos a recordar cómo vivieron el fenómeno meteorológico ocurrido en gran parte de España durante la segunda semana de enero de 2021, conocido como “borrasca Filomena” (pueden traer a clase alguna foto de esos días) y a identificar conceptos y situaciones de este fenómeno relacionados con la física y la química. El docente hará una lista en la pizarra con las respuestas de los estudiantes, que se espera que mencionen conceptos como frío, calor, temperatura, termómetro, nieve, hielo, etc. y situaciones como hacer un muñeco de nieve, ponerse ropa de abrigo o usar una manta, tomar una bebida caliente, subir la calefacción en casa, entre otras.

A continuación, se propiciará en clase un debate, coordinado por el docente, a partir de las preguntas recogidas en el cuadro 1, que se lanzarán como una lluvia de ideas. De esta forma, en esta primera sesión introductoria, a la vez que se identifican las ideas previas de los estudiantes, se espera captar su interés gracias al conflicto cognitivo.

¿Qué diferencia hay entre calor y temperatura? / ¿Qué es el frío? / ¿Podemos utilizar la mano como termómetro? / ¿Qué está a mayor temperatura en la clase, la tabla de la mesa o las patas? / Si introducimos una cuchara metálica y otra de madera en el congelador, ¿cuál estará a mayor temperatura a sacarla? ¿Por qué? / ¿Qué haríais para evitar que se derrita un muñeco de nieve? / ¿Por qué nos protegen abrigos, guantes y bufandas del frío en invierno? / ¿Qué es el cambio climático? / Si se está produciendo un calentamiento global, ¿por qué se derriten los polos? / ¿La borrasca Filomena puede ser consecuencia del cambio climático?

Cuadro 1. Preguntas abiertas al alumnado con el objeto de propiciar el debate al comienzo de la propuesta CTSa.

Actividad 1. Calor y temperatura

La actividad da comienzo con las preguntas planteadas en el cuadro 2. De esta manera, se contextualizan los contenidos que el/la docente debe explicar: los conceptos de energía cinética, energía térmica, equilibrio térmico, temperatura, y calor basándose en la teoría cinético-molecular.

¿Qué ocurre si hacemos un muñeco de nieve sin guantes? ¿Por qué? / ¿Por qué las temperaturas fueron tan bajas los días posteriores a la gran nevada provocada por la borrasca Filomena? / Tras jugar con la nieve, entramos en casa y preparamos una taza de leche caliente con cacao en polvo. Observamos que el cacao se mezcla mejor que cuando lo añadimos en verano a un vaso de leche fría ¿por qué ocurre esto?

Cuadro 2. Preguntas abiertas al alumnado al comienzo de la Actividad 1 de la propuesta CTSa.

Seguidamente, el/la docente apoyará su explicación con la siguiente experiencia de cátedra [8]:

Se añaden unas gotas de colorante alimentario a unos recipientes que contienen agua a distintas temperaturas. El colorante representa el calor y permitirá “observar” la transferencia de energía entre las moléculas de agua en cada caso. La mezcla es mucho más lenta en el recipiente con agua fría y más rápida en el de agua caliente. Al final de la clase (o al día siguiente) se observará la evolución del color en ambas mezclas, que debe ser homogéneo cuando se alcance el equilibrio térmico.

A continuación, se preparan varios recipientes con agua a diferentes temperaturas y con diferentes cantidades de colorante. Se explicará al alumnado que la intensidad del color de la disolución representa la temperatura, de tal forma que una mayor intensidad de color indica una mayor temperatura. Se mezclan diferentes volúmenes de las disoluciones coloreadas para mostrar de forma visual lo que ocurre cuando se mezclan diferentes volúmenes de agua a distintas temperaturas. Los/las alumnos/as tendrán que hacer predicciones en pequeños grupos sobre la temperatura (intensidad de color) final de la mezcla.

Se espera que con esta demostración el alumnado adquiera un modelo mental sobre el calor y la temperatura y, además, que comprenda que la temperatura a la que se alcanza el equilibrio térmico en las diferentes mezclas depende tanto de las temperaturas iniciales como de los volúmenes empleados. A continuación, se llevará a cabo el mismo experimento, pero esta vez midiendo, con un termómetro, la temperatura en cada caso, antes y después de la mezcla.

En este punto, el alumnado debe ser capaz de relacionar la temperatura con la media de la energía térmica de todas las partículas de la mezcla en cada recipiente. Para comprobar si se ha producido el cambio conceptual (y, si no es así, promoverlo), se debatirá en clase si las expresiones cotidianas “*cierra la puerta para que no entre frío*” o “*qué calor hace hoy*” son correctas desde un punto de vista científico. También se discutirá el uso del sentido del tacto como termómetro *¿qué es lo que realmente mide el tacto cuando toca un objeto?* [4].

Finalmente, el/la profesor/a pedirá a los/las alumnos/as que elaboren un mapa conceptual en el que se relacionen partículas, energía cinética, energía térmica, equilibrio térmico, calor, temperatura y termómetro. Después, se les pedirá que trabajen en pequeños grupos para dar respuesta a las preguntas iniciales (cuadro 2) basándose en lo aprendido y que comprueben si son diferentes a las respuestas proporcionadas al inicio. El/la profesor/a irá resolviendo las dudas que vayan surgiendo durante la sesión y se pondrán en común los resultados al final de la clase.

Actividad 2. Construyendo un termómetro casero

El termómetro es el instrumento que se utiliza para medir la temperatura. Lo utilizamos, por ejemplo, para medir la temperatura del exterior durante la borrasca Filomena o para comprobar si tenemos fiebre cuando estamos enfermos. Durante la actual pandemia de coronavirus, el termómetro se ha convertido en una de las herramientas indispensables para detectar los posibles casos positivos de la enfermedad. A pesar de que es un instrumento familiar para el alumnado, muchos de ellos no saben el fundamento de su funcionamiento.

En esta actividad, los/las alumnos/as construirán por parejas un termómetro casero siguiendo las explicaciones del vídeo de *Science Buddies* [9]. Algunos de ellos construirán un termómetro de alcohol; otros, de agua, y todos ellos realizarán la calibración utilizando un termómetro de referencia y temperaturas conocidas. Compararán las escalas obtenidas y contestarán a preguntas como las que se presentan en el cuadro 3, con el objeto de comprobar si se ha producido el cambio conceptual y los alumnos comprenden que dos líquidos diferentes pueden estar a la misma temperatura, y que la temperatura es una propiedad intensiva, es decir, que no depende de la masa.

¿En qué fenómeno se basa el funcionamiento de este termómetro? / ¿Qué pasaría si, para construir el termómetro, utilizásemos una cantidad distinta de líquido en el recipiente? / ¿Se puede calibrar un termómetro de alcohol con temperaturas conocidas de agua? / ¿Y un termómetro de agua con temperaturas conocidas de alcohol? ¿Por qué? / ¿La graduación obtenida será la misma para el termómetro de alcohol y el de agua? / Si cambiásemos el grosor de la pajita graduada utilizada para la construcción del termómetro, ¿cambiaría la graduación? / ¿Se pueden construir termómetros con sólidos o gases?

Cuadro 3. Preguntas abiertas al alumnado en la Actividad 2 de la propuesta CTSA.

Esta experiencia, además de aportar conocimiento sobre cómo funciona un termómetro, introducirá al alumnado en las diferentes escalas de temperatura, así como en el origen y la evolución histórica del termómetro. Para ello se utilizarán recursos como los mostrados en el artículo de Gargantilla [10] o el vídeo “Fahrenheit to Celsius: History of the thermometer” [11] y se pedirá a los alumnos que elaboren, en grupos cooperativos de cinco personas, una cronología sobre la evolución del termómetro. En la cronología que elaboren, además de especificar el año, el científico, el modelo de termómetro, las temperaturas de referencia y la escala de temperatura, deben recoger la mejora que se introdujo con respecto al modelo anterior y qué aspectos se modificaron en los termómetros posteriores. Los/las alumnos/as tendrán que identificar a qué termómetro diseñado a lo largo de la historia se parece más el que han construido ellos en la experiencia anterior y reflexionar sobre los fallos que tiene y las mejoras que podrían introducirse. Se puede guiar la reflexión con preguntas como *¿se puede utilizar un termómetro de alcohol para medir el punto de ebullición del agua? ¿y un termómetro de agua para medir temperaturas muy por debajo de cero?* Así aprenderán a reflexionar de forma crítica sobre las limitaciones o puntos de mejora que pueden tener los proyectos en los que trabajen.

Se recordará, asimismo, que la unidad del Sistema Internacional de Medidas para la temperatura termodinámica es el Kelvin y que el incremento de un Kelvin corresponde con el incremento de un grado Celsius. En la escala Kelvin, el valor de cero se conoce como “cero absoluto”, la mínima temperatura que puede tener un objeto, correspondiente al punto en el que las partículas que constituyen un sistema material tienen la mínima energía térmica posible.

Actividad 3. Los efectos del calor

En esta actividad, que es una adaptación de la actividad “Investigando el calor” propuesta por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado (INTEF) [12] el alumnado explorará los diferentes efectos del calor: cambios de temperatura, cambios de estado y dilatación o contracción de los cuerpos y cómo se producen. Para ello, visitarán el laboratorio de física, dividido en varios espacios (rincones) en los que los/las alumnos/as, en pequeños grupos, podrán ir rotando y observar distintas experiencias. La actividad se programará durante el recreo, para que varios profesores del Departamento de Física y Química puedan estar en la actividad, encargándose cada uno de una experiencia de laboratorio:

Rincón de la dilatación I: sólidos [12]

Los/las alumnos/as encontrarán un bote de cristal con una tapa metálica con una ranura, varias arandelas del mismo tamaño, una fuente de calor y unas pinzas.

En primer lugar, cogerán una de las arandelas y la pasarán por la ranura del recipiente. A continuación, sujetarán la misma arandela con las pinzas, la calentarán durante un minuto e intentarán hacerla pasar por la ranura. ¿Pasa la arandela fría por la ranura? ¿Y la arandela caliente? ¿Cuál es la explicación?

Rincón de dilatación II: líquidos [12]

En este espacio habrá un matraz Erlenmeyer lleno hasta el borde de agua coloreada con un colorante alimentario y con un tapón hecho de plastilina atravesado por una pajita de plástico transparente. A continuación, se situará el matraz sobre un trípode sobre una rejilla y se colocará encima de un mechero Bunsen; se encenderá el mechero y se calentará el matraz durante unos minutos. Después, se situará el matraz en un baño de hielo y se dejará enfriar durante unos minutos. ¿Qué se observará en cada una de las dos situaciones? ¿A qué será debido? Se espera que los alumnos relacionen este fenómeno con la construcción del termómetro casero de la actividad anterior.

Rincón de dilatación III: gases [13]

Se necesitará cocer un huevo y quitarle la cáscara. A continuación, se tomará un matraz Erlenmeyer (o una botella de vidrio relativamente resistente a los cambios de temperatura, donde el huevo no quepa). Se llenará el matraz o la botella con agua caliente del grifo, mientras se calienta agua en un recipiente. Cuando el agua del recipiente esté a punto de hervir, se vacía el agua del matraz (botella) y se introducirá este, durante un par de minutos, en el agua a punto de hervir. A continuación, se colocará el huevo sobre la boca del Erlenmeyer o de la botella. El siguiente paso sería introducir la botella con el huevo haciendo de tapón en un baño con agua y hielo. ¿Qué le pasa al huevo? ¿A qué es debido?

Para la siguiente parte del experimento, se invierte el matraz o la botella de tal forma que el huevo quede taponando el cuello del recipiente. A continuación, se introduce la botella en el recipiente con agua caliente. ¿Qué le pasará ahora al huevo? ¿Por qué?

Rincón de los cambios de estado: fusión del hielo [12]

Se colocará un vaso de precipitados, con hielo picado en su interior, sobre un trípode con una rejilla; se introducirá un termómetro y se anotará la temperatura inicial. A continuación, se encenderá el mechero Bunsen y se anotará la variación de la temperatura cada minuto (importante remover la mezcla de agua y hielo para homogeneizar la temperatura entre medidas), así como el estado del agua en cada momento. ¿Qué se observa?

Tras realizar (observar) estas experiencias, y con el objetivo de conectar esta actividad con la siguiente, se planteará una lluvia de ideas en la que se pedirá a los alumnos que comenten las consecuencias que estos efectos del calor pueden tener sobre nuestro planeta. Se espera que los alumnos mencionen al menos la subida de la temperatura del planeta y el deshielo de los polos.

Actividad 4. El efecto invernadero y el cambio climático

Con esta actividad, adaptada de la propuesta del INTEF [12] se espera que el alumnado sea consciente de los efectos del calor en nuestro planeta.

En primer lugar, los alumnos visualizarán un vídeo sobre el efecto invernadero [14]. Tras la visualización, responderán entre todos a las siguientes preguntas relacionadas con el vídeo:

- ▶ *¿Qué compuestos son los responsables del efecto invernadero?*
Respuesta: vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno, ozono, CFC.
- ▶ *¿Cuáles son las evidencias del calentamiento global?*
Respuesta: aumento del nivel del mar, deshielo de polos y glaciares, aumento de temperatura y aumento de tormentas, huracanes e incendios.
- ▶ *¿Cuáles son las tres causas principales que contribuyen al efecto invernadero?*
Respuesta: quema de combustibles fósiles, deforestación de los bosques, aumento de la población.

Tras esta introducción al efecto invernadero, el/la profesor/a hablará a los alumnos de la Conferencia Anual de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, cuya última edición (COP26) se ha celebrado en Glasgow en 2021. Los alumnos leerán parte de la información recogida en la página web de la COP26 donde se explica qué es la COP, su trayectoria, países participantes, así como qué es el protocolo de Kioto y el Acuerdo de París. Finalmente, se abrirá el debate, en el que participará todo el grupo, propiciado por las preguntas: *¿Qué podríamos hacer para reducir el efecto invernadero? ¿Es importante realizar cumbres sobre el clima? ¿Crees que es importante llegar a acuerdos a nivel mundial sobre el cambio climático?*

Actividad 5. “Entrando en calor” con palomitas de maíz

En esta actividad los alumnos aprenderán, a través de un proceso de investigación dirigida, cómo se forman las palomitas, a partir del maíz, cuando reciben calor en el microondas o en una sartén. Gracias a este proceso, el alumnado alcanzará una mayor comprensión de los efectos del calor y aprenderá a utilizar los conocimientos adquiridos en clase para interpretar fenómenos cotidianos, a la vez que se pondrán en el papel de un científico. Esto último permitirá también que modifiquen la visión distorsionada que puedan tener de la ciencia. Se planteará a los alumnos el siguiente problema:

Ana ha recordado que, durante la gran nevada provocada por la borrasca Filomena, lo que más le gustaba era “entrar en calor” después de jugar con la nieve comiendo palomitas de maíz recién hechas. Pero ¿cómo se convierten los granos de maíz en las deliciosas palomitas?

Tras explicitar el problema a resolver, los/las alumnos/as deberán plantear una hipótesis. El/la profesor/a puede guiar el proceso utilizando preguntas como *¿cuáles hemos visto que eran los principales efectos del calor? ¿cuál pensáis que tiene lugar en la transformación del maíz en palomitas?*

La parte experimental, adaptada de los recursos educativos propuestos por Gosmer [15], se llevará a cabo en parejas, en el aula de clase, y bajo la estricta supervisión del profesorado.

Cada pareja de alumnos/as dispondrá del siguiente material: dos matraces Erlenmeyer, globos, Parafilm, papel de aluminio, una bolsa de granos de maíz, un granatario, un trípode, una rejilla, un mechero Bunsen, un guante térmico y el acceso al uso de un microondas. Como medidas de seguridad, el alumnado y el profesorado deberán llevar gafas de protección y utilizar el guante térmico siempre que vayan a manipular un material caliente o la bolsa de palomitas recién hechas. El profesorado será el encargado de encender el mechero Bunsen a aquellos alumnos que lo requieran.

Cada pareja anotará la masa de los granos de maíz antes de someterlos a la fuente de calor y después de “explotar”, así como el proceso experimental que han realizado y lo que han observado en todo el proceso (cambio de aspecto, cambio de temperatura, si se produce algún vapor, etc.). El/la profesor/a irá guiando a los alumnos que lo necesiten y resolviendo dudas.

Cuando todas las parejas tengan los datos de la masa antes y después de la “explosión” de las palomitas, se pondrán en común los resultados.

En este trabajo de investigación guiado se espera que cada alumno elabore un diseño experimental algo diferente. Quizá unos utilicen sólo unos granos de maíz y otros toda la bolsa; unos taren el matraz y otros

anoten la masa de matraz más maíz; unos utilicen el mechero Bunsen y otros el microondas (quizá este último caso sea el más frecuente); o que unos piensen en tapar el matraz Erlenmeyer y otros lo pesen sin tapar. Se discutirán las diferencias obtenidas para cada pareja de trabajo y los diferentes procedimientos experimentales seguidos y se intentará llegar a una conclusión para resolver el problema que planteaba Ana. Finalmente, se leerá en clase el artículo de BBC News [16] o su traducción al castellano, y se mostrará el proceso con imágenes utilizando el siguiente recurso de la *American Chemical Society* [17].

Actividad 6. Transferencia del calor

Con esta actividad se pretende que los alumnos aprendan las tres formas en las que se transfiere el calor y sepan interpretar diferentes situaciones en las que se ponen de manifiesto.

Como parte introductoria, y con el fin de explicar la conducción como uno de los tres procesos de transferencia del calor, además de introducir los conceptos de materiales aislantes y conductores, el/la profesor/a contará la siguiente historia:

Tras la nevada provocada por la borrasca Filomena, mis tres vecinos pequeños construyeron un muñeco de nieve cada uno. Ninguno de ellos quería que su muñeco se derritiera, por lo que pensaron en varias formas de protegerlo. Uno de ellos pensó que lo mejor era ponerle un abrigo de lana, otro de ellos pensó que lo mejor era hacerle un abrigo de papel y el tercero pensó que lo mejor era cubrir el muñeco con papel de aluminio. ¿Cuál pensáis que tardó más en derretirse?

Los/las alumnos/as, en grupos de cuatro o cinco, tendrán que plantear una hipótesis. Deberán pensar qué muñeco de nieve tardará más en derretirse e intentar justificar su respuesta. Para ello se llevará a clase una recreación de la situación:

Cada grupo de alumnos/as tendrá tres cubitos de hielo, un tejido de lana, un trozo de papel de periódico, un trozo de papel de aluminio y una bandeja. Envolverán cada cubito de hielo en un tipo de material, los colocarán en la bandeja y observarán cuál de ellos se derrite antes.

A continuación, el/la profesor/a explicará los procesos de convección y de radiación. Para que el alumnado pueda crear un modelo mental del proceso de convección, que es quizá el más complicado de comprender, el/la profesor/a realizará una demostración de cátedra basada en una experiencia realizada en el programa "Órbita Laika" de Radio Televisión Española [18]:

Llenará con agua a temperatura ambiente un recipiente transparente. A continuación, introducirá en el agua dos botes cerrados: uno contendrá agua muy fría y el otro, agua muy caliente. Después añadirá unas gotas de colorante alimentario de color azul sobre el bote con agua fría y unas gotas de colorante de color rojo sobre el bote con agua caliente. Los/las alumnos/as observarán cómo el agua fría coloreada de azul se queda en la parte baja del recipiente mientras que el agua caliente coloreada de rojo queda en la parte superior.

Por otra parte, se mostrará a los alumnos un vídeo que explica cómo se forman las borrascas [19].

En la segunda mitad de la clase, se planteará al alumnado un pequeño proyecto de investigación a realizar en grupos cooperativos de cuatro personas. En una sesión que se realizará en el aula de informática, con la guía y supervisión del profesorado, cada grupo tendrá que buscar información sobre otras situaciones en las que la transferencia del calor (o la ausencia de ella) juega un papel importante, como el hecho de que surfistas y nadadores lleven traje de neopreno, que la temperatura al sol sea mayor que a la sombra de un árbol o que la temperatura dentro de un iglú pueda llegar hasta unos 20°C.

Al finalizar la búsqueda de información, los alumnos realizarán una exposición oral de unos cinco minutos en la que expliquen lo aprendido al resto de compañeros de clase.

Actividad 7. Color y calor

Esta actividad está dirigida a la mejor comprensión de la propagación del calor por radiación y la influencia que tiene el color en este fenómeno.

Al principio de la sesión se planteará al alumnado lo siguiente:

Tras la gran nevada provocada por la borrasca Filomena, vinieron unos días de cielos despejados y sol radiante. Sin embargo, a pesar del tiempo tan soleado la nieve tardó más de una semana en derretirse por completo. ¿Por qué sucedió esto? ¿Pensáis que está relacionado con el hecho de que en verano nos vistamos con ropa blanca?

El/la profesor/a dejará unos minutos para que los alumnos respondan y a continuación todo el grupo saldrá al patio (esta demostración tendrá que hacerse en un día soleado) y el/la profesor/a hará la siguiente demostración de cátedra, basada en la propuesta de Science Bits [20]:

Tomará dos botellas de plástico idénticas, una de ellas pintada de blanco y la otra pintada de negro y colocará en la boca de ambas botellas un globo deshinchado del mismo color. Lo dejarán un rato al sol mientras siguen discutiendo sobre las preguntas planteadas anteriormente, y se pedirá que discutan en pequeños grupos para dar una explicación a lo que ha ocurrido aplicando los conceptos y conocimientos que han adquirido en las actividades anteriores.

Se espera que los/las estudiantes en sus respuestas relacionen el aumento de volumen de los globos (dilatación) con la propagación del calor por radiación y el aumento de energía térmica del aire del interior de la botella. Además, deberán llegar a la conclusión de que los colores oscuros absorben más energía radiante que los colores claros.

En la segunda parte de la clase se realizará una actividad también relacionada con la capacidad del color blanco para reflejar la luz solar y los efectos de la radiación electromagnética en nuestra piel. El/la profesor/a preguntará a los alumnos si utilizaron gafas de sol y crema solar cuando salieron a la calle los días soleados de enero tras la borrasca Filomena. A continuación, se demostrará la efectividad de las cremas solares utilizando como analogía unas cuentas para manualidades que cambian de color en presencia de radiación ultravioleta [21-22].

El/la profesor/a llevará las cuentas protegidas de la luz y mostrará a los alumnos el cambio de color que experimentan al exponerlas a la luz. A continuación, prepararán varias bolsas transparentes con las cuentas en su interior: una bolsa será el control, mientras que en cada una de las otras bolsas se aplicará una fina capa de crema solar, de un factor de protección diferente en cada bolsa. Las bolsas estarán, inicialmente, protegidas de la luz y los/las alumnos/as observarán lo que ocurre al exponerlas.

Esta actividad también podría realizarse en la clase, sustituyendo la luz solar por la procedente de una lámpara ultravioleta [23].

Actividad 8. La borrasca Filomena y el cambio climático

Para culminar esta secuencia de actividades, se discutirá en clase si la intensa nevada y la posterior ola de frío provocada por la borrasca Filomena es una evidencia del cambio climático o por el contrario lo desmiente. El objetivo de esta actividad es promover el espíritu crítico del alumnado, de manera que se cuestionen la información que encuentran en internet o que aparece en las redes sociales sobre ciertos temas relacionados con la ciencia y que, asimismo, sean conscientes de la utilidad de las asignaturas de ciencias para comprender lo que pasa en el mundo que nos rodea.

En primer lugar, se hará un sondeo en clase en el que los alumnos se posicionarán a favor o en contra del hecho de que Filomena es una prueba del cambio climático. Cada equipo se colocará en una parte diferenciada de la clase y tendrá que exponer sus argumentos al grupo que opina lo contrario. A continuación, se leerá el artículo de Cereceda [24] sobre Filomena y el cambio climático y se llegará a una conclusión.

Durante la segunda mitad de la clase, se analizará el vídeo que se hizo viral durante la nevada provocada por Filomena en el que una negacionista afirmaba que la nieve era de plástico e incluso intentaba demostrarlo [25]. Se propondrá a los/las alumnos/as que utilicen el conocimiento sobre el calor que han adquirido en las actividades anteriores para explicar a la negacionista con argumentos científicos por qué la nieve no se derrite con el mechero. El alumnado trabajará en grupos cooperativos de cuatro o cinco personas y podrán elaborar una carta, un póster o un vídeo recogiendo las explicaciones científicas o incluso proponiendo un experimento científico. Las preguntas a las que tendrán que responder durante la elaboración del material explicativo son las siguientes: *¿Qué sucede al comprimir la nieve para formar una bola? ¿Por qué no se derrite? ¿A qué puede ser debido el residuo negro y el olor? ¿Por qué no cae agua al acercarse la llama a la bola de nieve?* Cada grupo presentará la explicación elaborada al resto de la clase.

CONCLUSIONES

Se han diseñado ocho actividades basadas en el enfoque CTSA que pueden ser incluidas en el currículo de la asignatura “Física y Química” de tercer curso de la ESO con el fin de propiciar el aprendizaje significativo del concepto “energía”. Todas ellas están relacionadas con situaciones cotidianas, que pueden resultar familiares y atractivas para los estudiantes. El nivel de éxito o fracaso en su aplicación no ha sido contrastado, pero se espera que sean útiles como elemento motivador para que el alumnado se acerque a la ciencia y a la tecnología y pueda sentirse protagonista en la construcción de su futuro. Los principales inconvenientes de esta propuesta, que se pueden contemplar como un reto, son, en primer lugar, el proceso de evaluación de los aprendizajes diseñados, que debe estar conectado con los objetivos didácticos que se pretenden alcanzar. En segundo lugar, y no por ello menos importante, la actitud, formación y motivación del profesorado que ha de implementar, conducir y evaluar estas propuestas CTSA.

REFERENCIAS

- [1] MENDOZA, J. y ABELENDA, N. (2010) Didáctica de la energía en educación secundaria. *Innovación educativa* 20, 37-48.
- [2] BAÑAS, C. et al. (2003) Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria sobre la conservación de la energía, el calor y la temperatura. *Campo Abierto* 24, 99-126.
- [3] ALI, A. (2011) Misconception of heat and temperature Among physics students. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 12, 600–614.
- [4] ÁLVAREZ, E y MANZANO, D. (2018) Propuesta didáctica para el empleo de la Historia de la Ciencia en la enseñanza del Primer Principio de la Termodinámica en Educación Secundaria. *Revista de Educación de la Universidad de Granada* 2585, 9-28.
- [5] DOMÈNECH-CASAL, J. (2018) Concepciones del alumnado de secundaria sobre energía. Una experiencia basada en proyectos con globos aerostáticos. *Enseñanza de las ciencias* 36.2, 191-213.
- [6] FERNANDES, I.M., PIRES, D.M. y VILLAMAÑÁN, R.M. (2014) *Formación Universitaria* 7, 23-32.
- [7] Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Ministerio de Educación y Formación Profesional. Boletín Oficial del Estado (BOE), número 76, de 30 de marzo de 2022. Referencia BOE-A-2022-4975.
- [8] OpenLearn Create (2021) Alternative conceptions: heat and temperature. [En línea], disponible en https://www.open.edu/openlearncreate/pluginfile.php/145460/mod_resource/content/2/ES12_AIE_Final.pdf [Consultado el 05/06/2022]
- [9] Science Buddies (2019) Make a thermometer - STEM activity. [En línea], disponible en <https://youtu.be/rtsq-l0AxbY> [Consultado el 05/06/2022]
- [10] GARGANTILLA, P. (2019) La controversia sobre quién inventó el termómetro. [En línea], disponible en https://www.abc.es/ciencia/abci-controversia-sobre-quien-invento-termometro-201904131835_noticia.html [Consultado el 05/06/2022]
- [11] Met Office – Learn About Weather. (2019) Fahrenheit to Celsius: History of the thermometer. [En línea], disponible en <https://youtu.be/rARnTIPax8E> [Consultado el 05/06/2022]
- [12] Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado (INTEF). (s.f.) Investigando el calor. [En línea], disponible en http://descargas.intef.es/cedec/proyectoedia/fisica_quimica/contenidos/investigando_calor/ [Consultado el 05/06/2022]
- [13] MARTIN, M. (2015) Experimento meteorológico: contracción y expansión térmica del aire. [En línea], disponible en <https://www.tiempo.com/ram/2035/experimentos-meteorologicos-de-la-ram-2/> [Consultado el 05/06/2022]

- [14] Acciona (2016) ¿Qué es el efecto invernadero? | Sostenibilidad – ACCIONA. [Vídeo]. <https://youtu.be/YLFLxQ0t07A> [Consultado el 05/06/2022]
- [15] GOSMER, T. (s.f.) The science of microwave popcorn: a matter of understanding physical changes. [En línea], disponible en <https://uakron.edu/polymer/agpa-kl2outreach/professional-development-modules/the-science-of-microwave-popcorn> [Consultado el 05/06/2022]
- [16] BBC News (2015) Popcorn's perfect recipe revealed. [En línea], disponible en <https://www.bbc.com/news/science-environment-31421199> [Consultado el 05/06/2022]
- [17] American Chemical Society [ACS]. (s.f.) The secret science of popcorn. [En línea], disponible en <https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/adventures-in-chemistry/secret-science-stuff/popcorn.html#coolchemistry> [Consultado el 05/06/2022]
- [18] Radio Televisión Española [RTVE] (2019) Órbita Laika – El tiempo está loco, loco. [En línea], disponible en <https://www.rtve.es/alacarta/videos/orbita-laika/orbita-laika-programa-12-tiempo-esta-loco-loco/5259040/> [Consultado el 05/06/2022]
- [19] Armeteo (2019) ¿Cómo se forman los frentes meteorológicos? Frente frío y frente cálido (00m14s-01m36s). [En línea], disponible en <https://youtu.be/akkQDPqS-bs> [Consultado el 05/06/2022]
- [20] Science Bits (2020) Calor y temperatura 2º ESO. [En línea], disponible en: <https://science-bits.com/> [Consultado el 05/06/2022]
- [21] Sick Science! (2013) Color changing UV beads. [En línea], disponible en https://youtu.be/FAUyBH_ER_U [Consultado el 05/06/2022]
- [22] SpanglerScienceTV (2014) Solar science UV beads - Cool science experiment. [En línea], disponible en <https://youtu.be/hefhyXckVCQ> [Consultado el 05/06/2022]
- [23] GUITART, F. y LOPE, S. (2019) How effective is your sunscreen? [En línea], disponible en <https://www.scienceinschool.org/content/how-effective-your-sunscreen> [Consultado el 05/06/2022]
- [24] CERECEDA, R. (2021) Sí, fenómenos como Filomena son compatibles con el calentamiento global, y pueden ser más frecuentes. [En línea], disponible en <https://es.euronews.com/2021/01/11/si-fenomenos-como-filomena-son-compatibles-con-el-calentamiento-global-y-pueden-ser-mas-fr> [Consultado el 05/06/2022]
- [25] RT en español (2021) Intenta demostrar que la nieve caída en España es de "plástico". [En línea], disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=H7ChjBX0IMk> [Consultado el 05/06/2022]

¿MAGIA O QUÍMICA? RECREACIÓN DE UN EXPERIMENTO DEL SIGLO XIX COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA REACTIVIDAD Y LA NOMENCLATURA QUÍMICA EN ESO

Luis Moreno Martínez

CEIPS Vicente Aleixandre, Comunidad de Madrid. Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química.

Dirección de correspondencia: luis.morenomartinez@educa.madrid.org

Palabras clave: física y química; enseñanza secundaria; educación CTIM; historia de la ciencia; didáctica de la química.

Keywords: physics and chemistry; secondary education; STEM education; history of science; didactics of chemistry.

Resumen

El presente trabajo presenta una experiencia didáctica para la enseñanza de la química en Educación Secundaria Obligatoria que combina el aprendizaje experimental y el uso didáctico de la historia de la ciencia. Se trata de la recreación de un experimento del siglo XIX y de su interpretación desde el punto de vista químico siguiendo las pautas propias del aprendizaje por indagación. Se ofrece así una experiencia didáctica de interés para el aprendizaje de la reactividad y la nomenclatura, aspectos centrales de la química escolar en el marco de la educación *STEM*.

Abstract

This work presents a didactic experience for chemistry education in Secondary Education that combines experimental learning with the didactic use of the history of science. This experience is based on the recreation of a 19th-century experiment and its chemical interpretation by following the steps of inquiry learning. This is why this experience offers an interesting tool for learning chemical reactivity and nomenclature, which are key issues in chemistry for STEM education.

INTRODUCCIÓN

La experimentación y la historia de la ciencia constituyen dos recursos destacados de la enseñanza de las ciencias. La abundante bibliografía académica en educación STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) ha puesto de manifiesto su interés para el aprendizaje de las ciencias escolares, entre las que se encuentra la química. Así, el aprendizaje experimental se ha probado vital para que el alumnado no solo aprenda los diferentes conceptos, modelos, leyes y teorías que conforman el conocimiento científico; sino que los aplique a la resolución de problemas prácticos y haga uso de ellos para la interpretación de hechos experimentales [1]. Asimismo, cabe destacar que a través de la experimentación se favorece la adquisición de las destrezas propias de la actividad científica, tales como la observación, la formulación de hipótesis, la medida y toma de datos, la interpretación de los mismos o la reflexión sobre las muchas dificultades inherentes al quehacer científico (como la identificación de fuentes de error, los resultados inesperados, etc.), construyendo una imagen más realista de la naturaleza de la ciencia como actividad humana [2].

Precisamente, la historia de la ciencia contribuye a reforzar todos estos aspectos. Incorporar la dimensión histórica a las enseñanzas *STEM* ayuda al estudiante a aprender los diferentes saberes científicos (leyes, teorías, modelos, etc.) a la par que los contextualiza, revelando la ciencia como una actividad productora de conocimiento fiable pero falible, provisional e hipotética y sujeta a constante revisión y actualización [3]. Por todo ello, la combinación de ambas aproximaciones metodológicas se revela como una estrategia de gran potencial educativo para nuestras aulas.

En este marco se inscribe la experiencia didáctica diseñada y realizada, la cual se desarrolló durante el curso 2021-2022 con alumnado del CEIPSO Vicente Aleixandre de Miraflores de la Sierra, centro público de Educación Infantil, Primaria y Secundaria de la Comunidad de Madrid. La actividad se llevó a cabo en las materias de Física y Química de 3º y 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), cursos en los que los estudiantes abordan el aprendizaje de la nomenclatura química y las reacciones químicas. Se trata de dos contenidos centrales de la química escolar no exentos de dificultades para el alumnado al implicar un continuo tránsito entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico de la química [4]. La experiencia ha permitido así detectar ideas previas del alumnado sobre reactividad química y lenguaje químico, contribuyendo al aprendizaje significativo de la química.

La combinación de experimentación e historia de la ciencia también se aprecia en la elección del experimento seleccionado como eje de la experiencia didáctica: un «truco de magia» que gozó de gran popularidad en los salones decimonónicos. Se apuesta así por el alto valor educativo de la historia de la ciencia como repositorio de experiencias para el profesorado de ciencias del presente que en múltiples ocasiones pueden ser realizadas con sencillos útiles y materiales, al corresponder a épocas en las que la ciencia no presentaba el grado de sofisticación técnica actual.

Diseño de la experiencia didáctica

La experiencia didáctica diseñada se ha inspirado en un experimento titulado «La química aplicada a la prestidigitación» incluido por el químico francés Gaston Tissandier (1843-1899) en su obra *Recreaciones científicas ó La física y la química sin aparatos ni laboratorios*. Se trata de una obra de divulgación científica de corte experimental, un género cultivado y con cierta tradición en la época. El objetivo de la experiencia era sorprender al espectador por la aparición del humo de tabaco en el interior de una copa tapada con un platillo y con agua en su interior. Al exhalar el humo y dirigirlo sobre la copa, el espectador observaba atónito que el humo era capaz de atravesar el vidrio de la copa, quedando atrapado en el interior; pese a no existir ningún orificio ni apertura en la copa ni en la tapa que posibilitase su entrada. Tissandier compartió con el público lector de su obra la explicación de este sencillo experimento: «basta echar con antelación en la copa dos o tres gotas de ácido clorhídrico y humedecer el platillo, por la cara que se coloca encima del vaso, con algunas gotas de amoníaco, que se adherirán a ella seguramente por efecto de la capilaridad». Esta operación debía realizarse «sin que lo vean los espectadores». Posteriormente, cuando el ácido clorhídrico y el amoníaco «se hallan en presencia uno del otro» se formaban «vapores blancos de clorhidrato

de amoníaco, vapores que son muy parecidos al humo del tabaco» [5]. La figura 1 recoge la ilustración de la experiencia facilitada por el propio Tissandier en la edición en castellano de 1887 de su obra. El texto completo se incluye a modo de anexo al final del presente artículo.

Al tratarse de un experimento que intrínsecamente oculta al público su fundamento a fin de sorprenderle, ha resultado especial-



Figura 1. Fuente histórica empleada para el diseño de la experiencia didáctica e ilustración del montaje experimental de la experiencia histórica original. Fuente: TISSANDIER, G. (1887). *Recreaciones científicas ó la física y la química sin aparatos ni laboratorios*. Madrid: Librería de Don Carlos Bailly-Bailliere.

mente adaptable a las pautas propias del aprendizaje por indagación. [6] Así, el alumno no parte de un guion cerrado de pasos a seguir a partir de ciertos reactivos, sino que ha de identificar las variables y pormenores de los hechos experimentales descritos por Tissandier transformando el problema de partida en una pregunta investigable, es decir, en una pregunta cuya respuesta esté sujeta a las variables y factores empíricamente analizables a través de la práctica experimental. El estudiante se sitúa así como un potencial asistente a las «sesiones de magia» de Tissandier con la importante salvedad de que ha de usar sus conocimientos de química para descifrar el porqué de la formación del misterioso humo blanco. Como se aborda a continuación, el diseño de la experiencia lleva al estudiante a recorrer las etapas propias del trabajo práctico de investigación [7].

Desarrollo de la experiencia didáctica

Las etapas seguidas en el desarrollo de la experiencia como trabajo práctico de investigación se resumen en la **tabla I** y se detallan a continuación.

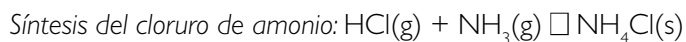
Tabla I. Etapas seguidas en el desarrollo de la experiencia.

Etapa	Claves de la etapa	Papel del docente	Papel del estudiante	Saberes implicados
1	Problema de partida: ¿Por qué aparecía el humo en la copa?	Facilita la información de la fuente histórica (véase anexo).	Plantear hipótesis sobre el origen del humo.	Cambios físicos frente a cambios químicos.
Cambio de etapa: cuando el alumnado plantea que el humo se forma <i>in situ</i> en la copa.				
2	Identificar las variables y factores que permiten explicar el truco.	Facilita fórmulas (o nombres) y puntos de fusión (P. F.) o ebullición (P. E.) de las sustancias implicadas: HCl (P. E.= -33,3 °C), NH ₃ (P. E.= -85 °C) y NH ₄ Cl (P. F.= 338 °C).	Plantear posibles ecuaciones químicas para describir el proceso que tiene lugar.	Puntos de fusión y de ebullición. Estados de agregación de la materia. Ecuaciones químicas.
Cambio de etapa: cuando se apunta que el líquido del interior de la copa no es solo agua.				
3	Plantear una pregunta investigable: ¿Qué sucede si ponemos en contacto al HCl y el NH ₃ ?	Supervisa la recreación de la experiencia original y de la reacción directa entre ambos reactivos.	Realiza la reacción química en el laboratorio, siguiendo las oportunas normas de seguridad.	Teoría de colisiones. Reacciones de neutralización. Velocidad de reacción.
Cambio de etapa: cuando se plantea la ecuación química correcta.				
4	Plantear una pregunta de consolidación: ¿Cuál es la mejor denominación para el HCl en este proceso: cloruro de hidrógeno o ácido clorhídrico?	Plantea la pregunta y guía al alumnado ante posibles respuestas erróneas.	Reflexiona sobre la sinonimia o no de las dos denominaciones.	Nomenclatura química. Sistemas materiales.

La primera fase del proceso consistió en una tormenta de ideas al plantear al alumnado por qué el humo del que hablaba Tissandier podía atravesar el vidrio de la copa. Tras variopintas respuestas, suele surgir la opción de que el humo no procediese del exterior, sino que se generase *in situ* dentro de la copa. Cuando se llega a esta respuesta, se pregunta al alumnado cómo sería posible generar este humo, lo que suele derivar en identificar el “agua” de la copa como un factor a tener en cuenta. Así, el alumnado finalmente plantea que el líquido del interior de la copa puede no ser únicamente agua, sino que es posible que presente alguna sustancia disuelta.

Cuando los estudiantes han llegado a la premisa anterior, se les facilita la fórmula de las tres sustancias implicadas en el proceso (o el nombre para su formulación): HCl, NH₃ y NH₄Cl, así como los puntos de ebullición

de las dos primeras y el punto de fusión de esta última (recogidos en la tabla 1). Con esta información, el alumnado colige dos posibles reacciones químicas posibles: la síntesis del cloruro de amonio o su descomposición. Asimismo, al tener lugar la reacción a temperatura ambiente (25 °C), se pueden colegir los estados de agregación de las tres sustancias, que se incorporan a las ecuaciones químicas correspondientes.



Ante estas dos posibles reacciones, el alumnado se terminó decantando por la primera al no apreciarse ninguna especie sólida inicialmente en la copa. Por el contrario, la presencia de gases al inicio del experimento sí sería posible, por ser la copa un sistema cerrado (la tapa evitaría así la salida de gases). Es en este punto cuando se les facilitó la información completa dada por Tissandier en su obra y recogida en el anexo. Así, finalmente conocen que la tapa estaba impregnada de amoniaco en su parte interior; mientras que el "agua" de la copa es en realidad una disolución acuosa de ácido clorhídrico.

Con esta información, el alumnado procedió a recrear la experiencia usando un vaso de precipitados con ácido clorhídrico comercial al 37% sobre el que se dispone un vidrio de reloj sobre cuya cara convexa se ha frotado papel impregnado en una disolución comercial de amoniaco al 30%. Transcurrido cierto tiempo, el alumnado observó la aparición del cloruro de amonio en el interior del vaso de precipitados, tal y como se observa en la **figura 2**. Los estudiantes identificaron así el humo blanco como el cloruro de amonio que se forma en la reacción, que de acuerdo con su punto de fusión no es gaseoso a temperatura ambiente (como en un principio suelen pensar espontáneamente) sino sólido, encontrándose en suspensión.

En este punto se propuso al alumnado que hiciese uso de la teoría de colisiones para explicar el fenómeno que tiene lugar y la velocidad del mismo. Así, terminaron coligiendo que la reacción se produce cuando las moléculas de cloruro de hidrógeno (en fase gas) procedente de la disolución acuosa colisionan con las moléculas de amoniaco (en fase gas) que se acumulan en el interior de la copa procedente de la tapa. Dado que hay que esperar a que los gases difundan y terminen colisionando sus moléculas, la velocidad de la reacción no es tan elevada y la reacción no es inmediata, lo que daba tiempo al "mago" para su truco.

Para comprobar que el humo se forma por reacción del cloruro de hidrógeno y el amoniaco, se les propuso realizar la reacción directa entre ambos compuestos. Dicha reacción debe hacerse con campana extractora o en una zona con buena ventilación, ya que la formación del cloruro de amonio es inmediata y con desprendimiento abundante de humo, tal y como se aprecia en la **figura 2**. La mayor rapidez de la reacción en este



Figura 2. A. Recreación del experimento de Tissandier; con formación lenta del cloruro de amonio. B. Formación rápida del cloruro de amonio por contacto directo de disoluciones acuosas de cloruro de hidrógeno y amoniaco. Nótese la importante generación de humo en esta última.

caso (que suele sorprender al alumnado) se puede explicar usando de nuevo la teoría de colisiones, ya que en este caso los choques entre moléculas de reactivos se ven mucho más favorecidos por contacto directo de los reactivos en disolución.

En este punto es especialmente pertinente plantear al alumnado de qué tipo de reacción química se trata, identificando que se trata de una reacción de neutralización por producirse entre un ácido (HCl) y una base (NH₃). Además, se trata de una reacción de neutralización de especial interés por no responder al adagio químico «ácido + base = sal + agua», siendo pertinente indicarle al alumnado que el mismo no es generalizable, aunque será válido cuando la base en cuestión sea un hidróxido. Finalmente, se les planteó a los estudiantes si el HCl debería denominarse cloruro de hidrógeno o ácido clorhídrico. La segunda denominación fue elegida mayoritariamente por el alumnado por explicitar el carácter ácido del HCl. Sin embargo, tal y como suelen recoger muchos libros de texto, esta denominación solo es correcta cuando se trata de una disolución acuosa, mientras que el HCl en la reacción estudiada y recreada actúa como ácido, pero en fase gas. Ante esta situación de conflicto cognitivo el alumnado se mostró indeciso, lo que ofreció una oportunidad para aclarar que la denominación «ácido clorhídrico» no alude al compuesto HCl sino a su mezcla en agua, es decir, a su disolución acuosa [8]. Por el contrario, la denominación cloruro de hidrógeno sí hace referencia a la especie química aislada, actúe o no como ácido. Es por ello que la denominación cloruro de hidrógeno para esta reacción se revelaría como la mejor opción.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La experiencia didáctica realizada se ha probado de gran interés por al menos tres factores. En primer lugar, la experiencia ha permitido al alumnado:

- Interpretar los puntos de fusión y de ebullición de las sustancias para averiguar su estado de agregación a cierta temperatura.
- Emplear la teoría de colisiones para explicar una reacción química a escala submicroscópica, atendiendo a la velocidad de reacción.
- Familiarizarse con las reacciones de neutralización y las propiedades de los ácidos y las bases, sustancias de gran interés en la vida cotidiana y en la industria.
- Identificar diferentes sistemas materiales (compuestos y mezclas) en contextos reales.
- Reflexionar críticamente sobre las implicaciones de la elección de un nombre u otro para designar a una misma sustancia química.

En segundo lugar, hacer uso de la química para descifrar un misterio, como el supuesto truco de magia descrito por Tissandier, ha resultado una propuesta motivadora y pedagógicamente enriquecedora para el alumnado pues:

- Fomenta el diálogo socrático con el profesor, que actúa como guía durante el proceso de interpretación de los hechos experimentales.
- Promueve el diálogo y colaboración entre el alumnado, que ha de trabajar en equipo.
- Ofrece un contexto real para desarrollar el pensamiento crítico en ciencias.
- Sitúa al estudiante en la posición de un investigador que ha de formular hipótesis y supeditar su validez a la evidencia experimental.

En tercer lugar, cabe destacar el interés de la experiencia para el aprendizaje significativo de la química, esto es, para detectar ideas previas erróneas del alumnado y provocar un conflicto cognitivo en el mismo al probarse ineficaces para explicar los hechos experimentales. Entre las ideas previas identificadas cabe destacar que frecuentemente el alumnado piensa que:

- El humo corresponde al estado gaseoso de una sustancia.
- Las reacciones químicas siempre ocurren en disolución.
- Los productos de toda reacción de neutralización son una sal y agua.
- Los nombres «cloruro de hidrógeno» y «ácido clorhídrico» son equivalentes.

La experiencia didáctica realizada según la secuencia propuesta ha requerido de entre una y dos sesiones completas para su total desarrollo a fin de favorecer los tiempos de lectura de la experiencia histórica (o

breve explicación del profesor), diálogo entre el alumnado, exposición de los argumentos e hipótesis ante el profesor como respuestas a las cuestiones planteadas de forma consecutiva hasta llegar a la conclusión final. No obstante, la sencillez del experimento también permite que la actividad se realice como experiencia de cátedra por parte del profesor; explicando los diferentes aspectos desgranados anteriormente. Sin embargo, la primera opción se ha probado mucho más interesante en términos didácticos en la medida que sitúa al alumnado en una posición de duda y reflexión constante, dialogando y trabajando en equipo y propiciando en él el uso de conceptos y teorías para explicar la evidencia experimental, favoreciendo así el pensamiento crítico en el estudiante. Esta es una perspectiva por la que aboga la educación STEM actual a fin de ayudar a nuestros estudiantes a adquirir cultura científica, la cual les evitará caer en los engaños de los “prestidigitadores” del siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GARCÍA CARMONA, A. (2011) *Aprender física y química mediante secuencias de enseñanza investigadoras. Fundamentación y propuestas para Educación Secundaria*. Málaga, Ediciones Aljibe.
- [2] ALLCHIN, D. (2013) *Teaching the nature of science: perspectives & resources*. St. Paul, SHiPS Education Press.
- [3] MORENO MARTÍNEZ, L. (2017) *La historia de la química en el currículo y los libros de texto de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato: Un estudio desde la didáctica y la historia de la ciencia*. Madrid, Universidad Autónoma de Madrid.
- [4] CAAMAÑO, A. (coord.) (2020) *Enseñar química. De las sustancias a la reacción química*. Barcelona, Editorial Graó.
- [5] TISSANDIER, G. (1887). *Recreaciones científicas ó La física y la química sin aparatos ni laboratorios*. Madrid, Editorial de D. Carlos Bailly-Bailliere, pp. 243-244.
- [6] BRAVO TORIJA, B. , GÁLVEZ ESTEBAN, R., CALVO PASCUAL, M. A. (2022) De las prácticas receta de cocina a las experiencias de indagación en el aula de ciencias. En CAÑADAS, L., RAPPOPORT, S. (coords.) *Las competencias generales en la formación inicial docente. Experiencias y orientaciones para su desarrollo*. Madrid, Editorial Dykinson, pp. 24-35.
- [7] DOMÈNECH CASAL, J. (2019) *Aprendizaje basado en proyectos, trabajos prácticos y controversias*. Barcelona, Editorial Octaedro.
- [8] (2016) Real Sociedad Española de Química: Resumen de las Normas IUPAC 2005 de nomenclatura de química inorgánica para su uso en enseñanza secundaria y recomendaciones didácticas. [En línea], disponible en <https://links.uv.es/TIt2A17> [Consultado el 17/7/2022].

Anexo Extracto de la fuente histórica original

LA QUÍMICA APLICADA Á LA PRESTIDIGITACIÓN

Mientras la Física ha suministrado á esta arte recreativa que se llama prestidigitación gran número de efectos muy interesantes, la Química le ha prestado sólo un débil concurso. Roberto Houdin se sirvió hace ya tiempo de la electricidad para poner en movimiento agujas de su reloj mágico, y del electroimán para hacer que una caja de hierro se hiciera tan pesada, en un momento dado, que nadie podía moverla. Robin aplicó la óptica para producir en la escena los curiosos efectos de los espectros y de la cabeza parlante. Los aficionados á este género de entretenimientos pueden, sin embargo, obtener de la Química algunos experimentos originales, y esto sin gran aparato. Para terminar este capítulo describiremos una suerte de escamoteo que, no há mucho tiempo, he visto ejecutar con gran éxito ante un gran auditorio por un prestidigitador muy hábil.

El operador tomaba una copa de las del agua, perfectamente transparente, y la colocaba encima de una mesa: en seguida anunciaba que iba á taparla con una bandeja ó plato, y que, desde cierta distancia, se proponía introducir en la copa el humo de un cigarrillo. Tal y como lo anunciaba lo ejecutó, y mientras el experimentador fumaba lejos de la copa, ésta se llenaba como por encanto de un humo blanco muy abundante. Esta suerte se ejecuta muy fácilmente: basta echar con antelación en la copa dos ó tres gotas de ácido clorhídrico y humedecer el platillo, por la cara que coloca encima del vaso, con algunas gotas de amoníaco, que se adherirán á ella seguramente por efecto de capilaridad. Los dos líquidos así dispuestos de antemano, sin que lo vean los espectadores, forman una capa tan tenue que pasan desapercibidos; pero en cuanto se hallan en presencia uno de otro, al colocar el platillo sobre la copa, fórmanse vapores blancos de clorhidrato de amoníaco*, vapores que son muy parecidos al humo del tabaco.

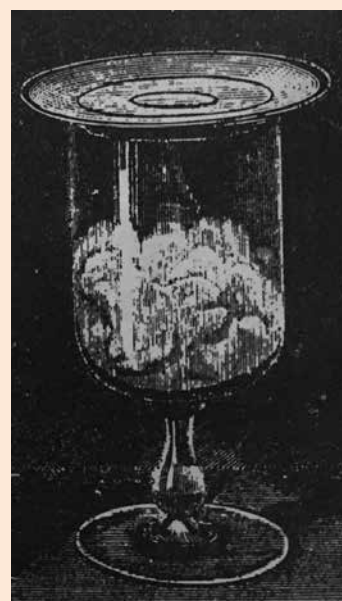


Figura 3. Experimento original.

*Según nomenclatura actual: cloruro de amonio.
Extracto de: TISSANDIER, G. (1887). *Recreaciones científicas ó La Física y la Química sin aparatos ni laboratorios*. Madrid, Editorial de D. Carlos Bailly-Bailliere, pp. 243-244.

ANTE EL VOLCÁN DE CUMBRE VIEJA: LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO ENTRE EL ALUMNADO Y DOCENTES

Miguel Ángel Negrín Medina^{1,2}, Julia D. Domínguez Hernández³, Natalia Otero Calviño³

¹ Departamento de Didácticas Específicas (Didáctica de las Ciencias Experimentales), Facultad de Educación, Universidad de La Laguna, 38204 La Laguna, Tenerife.

² Inspección Educativa, Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes, Gobierno de Canarias, 38003 Santa Cruz de Tenerife.

³ IES Granadilla de Abona. Granadilla de Abona, Tenerife.

Dirección de correspondencia: mnegrinm@ull.edu.es

Palabras clave: vulcanismo canario; volcán de Cumbre Vieja; percepción; riesgo volcánico; currículo; formación inicial docente.

Keywords: canary islands volcanism; Cumbre Vieja volcano; perception; volcanic risk; curricula; initial teacher training.

Resumen

La erupción del volcán de Cumbre Vieja (La Palma, septiembre de 2021) ha supuesto un revulsivo en el estudio de la percepción del riesgo volcánico y la manera de abordarlo desde las aulas. Con este trabajo se aporta un análisis inicial de cómo se aborda el riesgo volcánico desde el currículo vigente, el impacto de la erupción en el alumnado y en los docentes, así como el desarrollo en el aula de una propuesta didáctica para 4º ESO generadora de emociones y la valoración de su impacto sobre el alumnado, utilizando diversos indicadores que se miden antes y después del desarrollo de la actividad.

Abstract

The eruption of Cumbre Vieja volcano (La Palma, September 2021) has been a turning point in the study of volcanic risk perception and the way to approach it in the classroom. This paper provides an initial analysis of how volcanic risk is approached from the current curriculum, the impact before and after eruption among students and teachers, as well as to develop a didactic proposal for 4th ESO able to generate emotions, and the impact assessment on students, using various indicators measured before and after developing the activity.

INTRODUCCIÓN

La erupción del volcán de Cumbre Vieja, situado en la isla canaria de La Palma, en septiembre de 2021 puso de manifiesto las bondades y debilidades del Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA) que en su preámbulo pone de manifiesto que “Las etapas de inactividad volcánica en el Archipiélago hacen que la percepción del riesgo volcánico entre la población se presente como muy remota” [1].

En cuanto al riesgo en sí, este se define como peligro por vulnerabilidad (figura 1). El peligro se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno y la vulnerabilidad define el grado de pérdida de elementos expuestos al peligro (humanos, edificios, actividades económicas...) [2]. El término “percepción de riesgo” indica la probabilidad de que la población sea consciente del impacto sobre su modo de vida y de que su subsistencia tiene un riesgo [3]; en el caso de los riesgos geológicos conllevaría el conocimiento de los procesos que los origina y las consecuencias negativas que tendría para la población. La percepción del riesgo constituye un constructo social que refleja valores, símbolos, ideologías e historia [4].

Las percepciones varían en función de diferentes aspectos como el tipo de riesgo, su contexto, la personalidad del individuo y el aspecto social. Por tanto, la percepción del riesgo se define como un juicio subjetivo que los individuos hacen sobre la gravedad y aceptabilidad de los riesgos, bajo la influencia de varios factores como el conocimiento, la experiencia, los valores, las actitudes y las emociones [5,6]. Es por ello que cuando nos referimos al término riesgo volcánico se hace referencia al proceso de recoger, seleccionar e interpretar señales sobre el impacto incierto de eventos, actividades o tecnologías. Estas señales pueden referirse a experiencia directa (presenciar un volcán) o indirecta (información por terceros, leer acerca del desastre natural que origina en el periódico o redes sociales, etc.) que genera un impacto emocional negativo sobre la población (incluida la escolar), sin que esta se detenga a valorar efectos positivos que genera sobre el relieve.



Figura 1. Definición de percepción de riesgo.

OBJETIVOS

Partiendo del análisis anterior, es de interés abordar desde el sistema educativo la percepción de riesgo, en este caso el volcánico, atendiendo a dos premisas:

- a) La importancia de la inserción en el currículo educativo de los contenidos relacionados con la percepción del riesgo volcánico, particularmente en Canarias, es evidente después de las crisis volcánicas de las islas de El Hierro (2011) y La Palma (2021).
- b) Necesidad de asegurar que todo estudiante, independientemente de su nivel, tenga la oportunidad de vivir y compartir experiencias de aprendizaje que le permitan una educación más eficaz en este campo.

Es por ello que, desde hace algunos años, en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de La Laguna se han desarrollado diversos proyectos relacionados con los contenidos curriculares de ciencias de la tierra, con la percepción del riesgo volcánico entre los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria, y también con la percepción de este riesgo entre los docentes en formación [7,8]. En este sentido, aprovechando esta erupción volcánica ocurrida en la isla de La Palma, se presenta este trabajo que pretende:

- a) Indagar en el currículo de Canarias si se contempla la percepción del riesgo volcánico en las áreas científico-tecnológicas y su impacto sobre la población ante posibles episodios volcánicos.
- b) Estudiar la percepción de riesgo volcánico entre docentes y alumnado antes y después de esta erupción durante el bienio 2020-2022.
- c) Poner en marcha una intervención didáctica generadora de emociones positivas hacia el fenómeno del vulcanismo canario para el alumnado de 4º ESO y analizar su impacto.

METODOLOGÍA

Estudio del currículo y Contexto

En un primer acercamiento al problema planteado en este trabajo, llevamos a cabo una indagación en el currículo LOMCE, vigente en Canarias hasta el curso 2021/2022, sobre la manera en que contempla la percepción del riesgo volcánico en las áreas científico-tecnológicas y su impacto sobre la población ante posibles episodios sísmico-volcánicos.

En una segunda fase se ha llevado a cabo el estudio de la percepción del riesgo volcánico en un colectivo que abarcaba tanto alumnado como profesorado; así el proceso fue llevado a cabo con la participación siguiente:

- Alumnado de educación secundaria:

- a) Período de pre-erupción: alumnado procedente de 5 centros de la isla de Tenerife (200 estudiantes) de 3º y 4º de ESO (último trimestre curso 2020-2021).
- b) Erupción: 80 estudiantes procedentes de 2 centros de la isla de Tenerife, distribuidos en 2 grupos de 4º de ESO en cada uno de ellos, llevándose a cabo durante el mes de noviembre del curso 2021-2022. Un grupo realiza la intervención didáctica y el otro sigue el currículo ordinario.

- Docentes: 60 en total de los cuales 29 proceden de los centros “pre-erupción” y 31 docentes en formación (MFPS), cuya participación se realizó durante el último trimestre del curso 2020-2021.

Por razones de tipo mediático y de impacto emocional directo respecto a la erupción volcánica se descartó el alumnado y profesorado de la isla de la Palma y se optó los de la isla de Tenerife por considerarse que este impacto sería menor en los participantes de una isla que no sufre los efectos del volcán directamente, a pesar del bombardeo informativo desde los medios de comunicación y las redes sociales.

Percepción del riesgo volcánico e intervención didáctica

Se llevó a cabo un trabajo de campo exploratorio con la colaboración de docentes en formación de la especialidad de Biología y Geología del Máster Universitario de Formación del Profesorado (MFPS) de la Universidad de La Laguna y docentes en activo de esta especialidad de la isla de Tenerife. El trabajo tuvo una triple vertiente:

- a) Estudiar el impacto que la erupción del volcán de Cumbre Vieja tuvo sobre la percepción del riesgo volcánico entre el alumnado y los docentes mientras transcurría el fenómeno volcánico.
- b) Poner en marcha una propuesta didáctica durante la erupción que generase emociones positivas hacia el fenómeno. Esta propuesta fue diseñada antes del proceso eruptivo por Negrín y col. [7], adaptándose para la situación eruptiva, partiendo de referentes cercanos al alumnado sobre el vulcanismo canario y de otros extrapolables al archipiélago.
- c) Comparar, en grupos de clase de 4º de ESO, la percepción antes y después de la intervención didáctica.

Para la propuesta didáctica se han empleado como técnicas de enseñanza el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en el pensamiento, el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje basado en proyectos, partiendo de los antecedentes de las erupciones del volcán submarino Tagoro (El Hierro, 1971) y el volcán Teneguía (La Palma, 1971). Por otro lado, se pone el foco en la influencia de los medios de comunicación durante la erupción (tanto en información veraz suministrada como en aquella que podría causar cierta desinformación) para crear estados emocionales positivos, pues una erupción volcánica no tiene solo un carácter catastrófico, sino también positivos a largo plazo como el modelado del paisaje y el aporte de elementos de alto valor fertilizante al suelo del proceso eruptivo [3]. El producto final que generó el alumnado con esta situación de aprendizaje fue aquél que le permitió desarrollar su capacidad para comunicar y valorar el riesgo volcánico (informes, infografía, exposiciones, etc.). En la **figura 2** se ponen de manifiesto dos de las actividades realizadas durante la intervención (rutinas de pensamiento).

La percepción de riesgo volcánico entre el alumnado y los docentes se estudió partiendo de una encuesta de opinión on-line, individual y anónima (**tabla 1**), utilizando una escala de tipo Likert 1-4 (nada de acuerdo, poco de acuerdo, algo de acuerdo y bastante de acuerdo), con 11 ítems que

intentaron abarcar distintos aspectos del fenómeno volcánico, la percepción del riesgo asociado y de qué manera actuar o cómo informarse en caso de una erupción volcánica [7]. Previamente, el cuestionario fue revisado y probado por expertos docentes que realizaron aportaciones para su mejora con el fin de mejorar su fiabilidad [9], definida tenien-

Figura 2. Actividades incluidas en la SA (imágenes cedidas por Negrín y col. [7]).



Tabla 1. Cuestionario de opinión sobre riesgo volcánico.

Cuestionario sobre la percepción del riesgo volcánico Encuesta sobre la percepción del riesgo volcánico en la educación secundaria Sexo: Masculino Femenino Años en activo Especialidad (sólo docentes)	
¿Estás de acuerdo con las siguientes afirmaciones?	
1)	Canarias es una zona volcánicamente activa.
2)	En los próximos 50 años veremos una erupción volcánica en Canarias.
3)	La sismicidad (terremotos) puede estar asociado al fenómeno volcánico.
4)	La actividad volcánica puede estar provocada por el ser humano.
5)	Todos los tipos de erupciones volcánicas provocan los mismos daños.
6)	Todos los volcanes se comportan de la misma forma.
7)	La vigilancia volcánica es la única forma de reducir el riesgo volcánico.
8)	Es imposible predecir cuándo una erupción volcánica va a ocurrir.
9)	Soy un ciudadano que en caso de ocurrir una erupción volcánica en mí entorno sabría cómo actuar.
10)	Estoy familiarizado y conozco el funcionamiento del semáforo volcánico.
11)	El riesgo volcánico es igual en una isla volcánica habitada que en otra sin habitantes.

do en cuenta el estadístico alfa de Crombach, utilizando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 25 que utiliza las correlaciones producto-momento de Pearson como procedimiento de estimación por defecto [10], obteniendo un valor de 0,885 que indica un grado aceptable de fiabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Currículo

El análisis del currículo vigente en la ESO en Canarias [11] pone en evidencia que la valoración del riesgo sísmico-volcánico sólo está presente en 3º de ESO en uno de sus criterios de evaluación (número 9). Este criterio hace hincapié en el riesgo volcánico tanto en Canarias como en otros puntos del planeta. Por otro lado, el estándar de aprendizaje pone el foco en que el alumnado debe conocer el riesgo asociado al vulcanismo canario, los medios de predicción disponibles y las medidas preventivas a tomar por la población.

A lo anterior se le une que, a pesar de que en el análisis del criterio 9 de 3º ESO se habla de que los docentes deberán verificar si el alumnado analiza el origen de Canarias, no es menos cierto que este contenido se incluye de manera explícita en 4º ESO, aunque en este nivel el currículo no hace referencia al riesgo volcánico en nuestra región. Téngase en cuenta que 3º ESO en el caso del aprendizaje de las ciencias es un curso terminal, razón por la cual es ilógica esta incongruencia entre el conocimiento del riesgo volcánico y el estudio del origen del archipiélago y, por tanto, del porqué de nuestro vulcanismo.

En el caso del currículo de bachillerato [11], son a las claras insuficientes las referencias al riesgo volcánico ya que sólo aquel alumnado que cursa Geología, asignatura específica de modalidad y, por tanto, optativa, el que podrá tener una formación mínima respecto a la situación del riesgo volcánico del archipiélago.

En estos momentos, se encuentra en desarrollo el nuevo currículo canario adaptado a la LOMLOE, publicándose un borrador en julio de 2022 que amplía la referencia al riesgo volcánico en el archipiélago a los dos últimos cursos de la ESO, lo cual parece constituir un avance respecto al currículo LOMCE.

Encuesta de opinión: alumnado

A continuación, se destacan los aspectos más interesantes de las frecuencias de las respuestas en la encuesta de opinión en cada una de las fases del estudio:

Encuesta previa a la erupción de Cumbre Vieja (200 alumnos/as):

- Los estudiantes parecen asociar que al no existir en ese momento en Canarias ninguna erupción volcánica, no es volcánicamente activa.

- b) La percepción de que existe posibilidad de una erupción en los próximos 50 años en Canarias fue más generalizada que en la anterior afirmación.
- c) El alumnado relaciona los sismos con el fenómeno volcánico, apreciación correcta y que conlleva que son conscientes de que una erupción volcánica no solo origina expulsión de lava, sino que puede llevar asociados otros tipos de peligros.
- d) Que la actividad volcánica pueda estar provocada por el ser humano no cuenta con el apoyo de la población encuestada.
- e) Ante las afirmaciones 'todos los tipos de erupciones volcánicas provocan los mismos daños y Todos los volcanes se comportan de la misma forma, la población considera que la actividad volcánica y los peligros asociados a ella dependen del tipo de volcán.
- f) El alumnado parece desconocer ciertos mecanismos existentes para llevar a cabo la vigilancia volcánica.
- g) Ante la afirmación de que es imposible predecir cuándo una erupción volcánica va a ocurrir, la mayoría de la población encuestada se muestra contraria.
- h) La población estudiada no parece contar con información adecuada de cómo actuar y comportarse ante un evento volcánico en una zona como la isla de Tenerife.
- i) Existe un claro desconocimiento respecto al funcionamiento del semáforo volcánico.
- j) El 70% del alumnado se mostró en contra de que el riesgo sea similar en una isla volcánica habitada que en otra sin habitantes.

Las respuestas dadas a las afirmaciones a), f) g), h) e i) del cuestionario ponen de manifiesto que el alumnado tiene ciertos déficits respecto a aspectos básicos sobre el riesgo volcánico y su percepción: no situar a Canarias como región volcánicamente activa (posiblemente asociado a un vulcanismo que presenta interrupciones prolongadas en su actividad volcánica [12, 13, 14]), cómo se realiza la vigilancia volcánica, los planes de actuación en caso de emergencia que emana del PEVOLCA y el funcionamiento del semáforo volcánico. Sin embargo, la percepción de que Canarias podría sufrir una erupción en los próximos 50 años (afirmación b) fue generalizada (entre la erupción del Teneguia en La Palma y el Taoro en el Hierro pasaron 40 años, mientras que entre el primero y el volcán de Cumbre Vieja pasaron exactamente 50 años), al igual que la percepción positiva del alumnado de la capacidad de la ciencia para predecir la inminencia de una erupción volcánica.

Encuesta realizada en plena erupción de Cumbre Vieja (80 alumnos/as):

- a) Los estudiantes parecen asociar Canarias como región volcánicamente activa.
- b) La percepción de que existe posibilidad de una erupción en los próximos 50 años en Canarias, fue contundente (100%).
- c) El alumnado relaciona los sismos con el fenómeno volcánico, incluso previo a la erupción (enjambre sísmico), conllevando otros tipos de peligros.
- d) La actividad volcánica puede estar provocada por el ser humano es rechazada por la población encuestada.
- e) Ante las afirmaciones: 'todos los tipos de erupciones volcánicas provocan los mismos daños' y 'todos los volcanes se comportan de la misma forma', la población considera que la actividad volcánica y los peligros asociados a ella dependen del tipo de volcán.
- f) El alumnado sigue desconociendo los mecanismos existentes para llevar a cabo la vigilancia volcánica (desinformación).
- g) Ante la afirmación de que es imposible predecir cuándo una erupción volcánica va a ocurrir, la población encuestada se muestra contraria.
- h) La población estudiada sigue sin contar con información adecuada de cómo actuar y comportarse ante un evento volcánico en una zona como la isla de Tenerife. Se informa a través de redes sociales y páginas web poco fiables.
- i) Sigue sin conocerse el funcionamiento del semáforo volcánico (posiblemente debido a la confusión con los niveles asociados a la pandemia).
- j) Ante la afirmación de que el riesgo es igual en una isla volcánica habitada que en otra sin habitantes, la población estudiada está en contra en su totalidad.

Sólo en el ítem I se observa una mejora en las frecuencias. Sin embargo, parece constatarse que persisten en aquellos relacionados con el acceso a la información (afirmaciones f, g, h, i), lo que muestra la desinformación persistente en el alumnado. Esto puede deberse, probablemente, a la búsqueda de información por el alumnado a través de las redes sociales y fuentes web no fiables; a esto se une, en el caso del semáforo volcánico, cierta información contradictoria respecto a los niveles de riesgo que, de manera simultánea a la erupción, se daban para la pandemia de la COVID-19. Se debe tener en cuenta que el semáforo volcánico era uno de los aspectos que se trabajó en la SA. Por último, señalar que la percepción positiva de que la ciencia es capaz de predecir una erupción volcánica sigue siendo elevada.

Impacto de la propuesta didáctica

La propuesta didáctica, puesta en marcha durante el proceso eruptivo, pareció incidir de manera positiva en la mejora sobre la percepción del riesgo volcánico en el alumnado de aquellos grupos sobre los que se llevó a cabo. Sin embargo, en los grupos control (sin intervención) el alumnado no experimentó mejoría respecto a su percepción sobre este tipo de riesgos, aunque mantuvo la tendencia observada en el cuestionario llevado a cabo en plena erupción.

El incremento en la percepción del riesgo volcánico en los grupos en los que se llevó a cabo la propuesta didáctica lo hemos asociado a la mejora en la selección de la información respecto al fenómeno volcánico por el alumnado. El empleo de fuentes de información veraces y contrastadas, como páginas web de carácter oficial o científico y redes sociales como Twitter e Instagram, ha podido ayudar a este cambio, sobre todo estas últimas que constituyen una de las fuentes principales de información entre los adolescentes [15].

Encuesta de opinión: docentes en activo y en formación

En la **tabla 2** se recogen los resultados de la encuesta de opinión sobre la percepción de riesgo volcánico entre docentes en activo y docentes en formación procedentes del MFPS de la especialidad de Biología y Geología y que fue realizada en el último trimestre del curso 2020-2021 (previa a la erupción).

Tabla 2. Resultados encuesta de opinión docentes (en activo y en formación).

Afirmación	Acuerdo	Desacuerdo	Activo Acuerdo	Activo Desacuerdo	En formación Acuerdo	En formación Desacuerdo
Canarias es una zona volcánicamente activa	90.5	9.5	91.2	8.9	88.9	11.1
Veremos una erupción volcánica en Canarias antes de que pasen 50 años.	75.7	24.3	76.7	23.3	72.4	27.6
Los eventos sísmicos (terremotos) pueden estar asociados a fenómenos volcánicos	95.9	4.1	94.6	5.4	100	0
Los eventos sísmico-volcánicos pueden ser provocados por la acción humana	27	73	32.1	67.9	11.1	88.9
Todos los volcanes se comportan de la misma forma	0	100	0	100	0	100
Todos los tipos de erupciones volcánicas producen los mismos daños	1.4	98.6	1.8	98.2	0	100
La vigilancia volcánica es la única forma de reducir el riesgo volcánico.	63.5	36.5	66.1	33.9	53.3	46.7
Es imposible predecir cuándo una erupción va a ocurrir.	12.1	87.9	12.5	87.5	11.1	88.9
Sabría cómo actuar en caso de que se produjese una erupción volcánica	27.1	72.9	30.4	69.6	16.7	83.3
Se lo que es el semáforo volcánico y como funciona.	39.2	60.8	44.7	55.3	22.2	77.8
El riesgo volcánico es igual en una isla habitada que en otra sin habitantes.	21.6	78.4	26.8	73.2	5.5	94.5

Las dos primeras columnas de la tabla corresponden al total del profesorado encuestado; en ellas no se observan diferencias significativas respecto a las cuestiones planteadas, aunque es importante señalar que los docentes desconocen en una cuantía superior cómo actuar frente a una erupción y el funcionamiento del semáforo volcánico, lo cual está en consonancia con los resultados obtenidos por Corominas y Martí [16] para la población en general.

Sin embargo, cuando dividimos la población en grupos, se observan diferencias entre los docentes en activo y los docentes en formación. Así los datos parecen indicar que existe una mayor “sensibilidad” de los docentes

en activo hacia el fenómeno del riesgo volcánico que entre los docentes en formación. Sin embargo, vemos en la pregunta 4 que los docentes en activo, en una mayor proporción, consideran que la acción humana es capaz de provocar fenómenos sísmico-volcánicos.

Se destaca, además, que los docentes en formación parecen desconocer, en una proporción mayor que los activos, la manera de proceder frente a una erupción volcánica, cómo se lleva a cabo la vigilancia vulcanológica y qué significa el semáforo volcánico. A pesar de esto, parecen ser más conscientes de que el impacto de una erupción es superior cuanto más poblado sea el entorno en el cual se produce (así en la isla de Tenerife, densamente poblada, su exposición y vulnerabilidad ante una erupción volcánica sería muy superior a las islas menos pobladas del archipiélago).

Las diferencias encontradas podrían asociarse a factores como a) la formación continua recibida por el profesorado en activo en esta materia y al quehacer cotidiano en el aula frente al que se inicia, b) el impacto que supone el fenómeno del riesgo. Téngase en cuenta que el riesgo, desde el punto de vista psicológico, se considera como una situación social, económica, política, cultural que, como una condición humana, representa vulnerabilidad, en términos de debilidad, resiliencia y fortaleza. Por tanto, educación y riesgo son conceptos íntimamente relacionados con la cultura y las experiencias vividas en una población y a los que los docentes no son ajenos [17].

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

Desde el punto de vista curricular, nuestro análisis indica que el currículo LOMCE vigente en Canarias no garantiza que el alumnado de ESO adquiera conocimientos de vital importancia sobre la gestión del riesgo volcánico, pues sólo se trabaja en 3º ESO y sin entender el proceso vulcanológico canario. El nuevo currículo LOMLOE debería fomentarlo.

Los datos obtenidos con el cuestionario ponen de manifiesto que existe una pobre interiorización del riesgo debido a la actividad volcánica, concomitante con su baja percepción previa a la erupción de Cumbre Vieja y a pesar de la erupción submarina de El Hierro. El fenómeno de Cumbre Vieja pareció mejorar la percepción de riesgo volcánico entre el alumnado, pero evidenciando carencias respecto a la información veraz y dónde encontrarla. El conocimiento del PEVOLCA entre la población estudiada también pareció haber mejorado.

Por otro lado, la propuesta didáctica pareció mejorar el conocimiento del alumnado respecto al fenómeno volcánico y la manera de enfrentarse a él. Esto se tradujo en cierta mejora en la percepción del riesgo volcánico entre el alumnado gracias a un mejor conocimiento y manejo de la información. Estimamos que la propuesta didáctica podría ser útil para trabajar en el aula la prevención frente a una emergencia vulcanológica, al emplear fuentes veraces de información sobre el fenómeno y sus consecuencias, evitando la desinformación.

En general, el profesorado muestra unos conocimientos adecuados sobre conceptos relacionados con la actividad volcánica. Sin embargo, en algunos ítems el profesorado en activo muestra mayor conocimiento, posiblemente asociado a exigencias formativas laborales de la función docente.

La encuesta debe volver a realizarse en un margen de tiempo prudente, fuera del impacto mediático que supuso el seguimiento diario de la erupción de Cumbre Vieja, para observar si la mejora encontrada respecto a la percepción del riesgo volcánico se mantiene en el tiempo. Otra hipótesis de trabajo que podría considerarse es si existen o no diferencias de género en la forma de percibir la vulnerabilidad frente a los riesgos volcánicos entre alumnado y docentes, tal y como indicaron Negrín y col. [7].

Por último, cabe señalar que debemos seguir profundizando, una vez superada la crisis volcánica actual, en acciones educativas, incluidas las curriculares, que formen en esta materia a los docentes y transmitan al alumnado la necesidad de estar preparados para enfrentarse a futuras erupciones volcánicas en el archipiélago, para la mejora de esta baja percepción del riesgo asociado entre los docentes y el alumnado observada tanto en Canarias como en otros lugares del mundo [3,4,5,18,19].

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DECRETO 112/2018, de 30 de julio, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA). *Boletín Oficial de Canarias* 154 (09/08/2018), 26310-26542.
- [2] CARLINO, S., SOMMA, R., MAYBERRY, G.C. (2008) Volcanic risk perception of young people in the urban areas of Vesuvius: Comparisons with other volcanic areas and implications for emergency management. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 172, 229–243.
- [3] BARCLAY, J., HAYNES, K., HOUGHTON, B., DAVID, J. (2015) Social processes and volcanic risk reduction. En SIGURDSSON, H., HOUGHTON, B., MCNUTT, S., RYMER, H., STIX, J. (eds.), *The Encyclopaedia of Volcanoes*. Londres, Academic Press, pp. 1203-1214.
- [4] WEINSTEIN, N. D. (1989) Optimistic biases about personal risks. *Science* 246, 1232-1233.
- [5] PATON, D., MILLAR, M., JOHNSTON, D. (2001) Community resilience to volcanic hazard consequences. *Natural Hazards* 24, 157-169.
- [6] WACHINGER, G., RENN, O., BEGG, C., KUHLCHE (2013) The risk perception paradox-implications for governance and communication of natural hazards. *Risk Analysis* 33, 1049-1065.
- [7] NEGRÍN, M. A., HERNÁNDEZ, I., MARRERO, J. J. (2018) Percepción del riesgo volcánico en alumnado de 15 años (3º ESO) de Tenerife (Islas Canarias) y propuesta para su enseñanza. En UNIVERSIDADE DA CORUÑA (ed.), *Actas de 1º Congreso Mundial de Educación*. A Coruña, Universidade Da Coruña, pp. 1-23 (C-CCN-20).
- [8] NEGRÍN, M. A., MARRERO, J. J. (2019) Educación para el riesgo en la formación inicial de docentes de secundaria: Revisión bibliográfica. En ALONSO, S., ROMERO, J., RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ, C., SOLA, J. (eds.), *Investigación, Innovación Docente y TIC. Nuevos Horizontes Educativos*. Madrid, Dykinson, pp. 1797-1809.
- [9] FABILA, M., MINAMI, H., IZQUIERDO, M. (2013) La escala de Likert en la evaluación docente: Acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas Docentes* 50, 31-40.
- [10] GONZÁLEZ, J., PAZMIÑO, M. (2015) Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Revista Publicando* 2, 62-77.
- [11] DECRETO 83/2016, 4 julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias. *Boletín Oficial de Canarias* 154(136, 15/07/2016), 17502-19333.
- [12] CARRACEDO, J., GUILLOU, H., PATERNE, M., SCAILLET, S., BADIOLA, E., PARIS, R., MACHÍN, A. (2004) Análisis del riesgo volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): escenarios previsibles para una futura erupción en la isla. *Estudios Geológicos* 60, 63-93.
- [13] CARRACEDO, J., BADIOLA, E., GUILLOU, H., PATERNE, M., SCAILLET, S., TORRADO, F., HANSEN, A. (2007) Eruptive and structural history of Teide Volcano and rift zones of Tenerife, Canary Islands. *Geological Society of America Bulletin* 119, 1027-1051.
- [14] CARRACEDO J., PÉREZ-TORRADO F. (2015). Peligros volcánicos ¿predecibles, prevenibles, mitigables? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 23, 5-11.
- [15] YUSTE, B. (2015) Las nuevas formas de consumir información de los jóvenes. *Revista de Estudios de Juventud* 108, 179-191.
- [16] COROMINAS, O., MARTÍ, J. (2015) Estudio comparativo de los planes de actuación frente al riesgo volcánico (Chile, Costa Rica, El Salvador, Ecuador, España, México y Nicaragua). *Revista Geológica de América Central* 52, 33-56.

- [17] AYALA-CARCEDO, F., GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, A. (2002) Mitigación de los desastres naturales en el mundo y el desarrollo sostenible. En AYALA-CARCEDO, F. OLCINA, J., LAÍN, L., GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, A. *Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible: Impacto, Predicción y Mitigación*. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, pp. 19-46.
- [18] BIRD, D. K., GISLADOTTIR, G., DOMINEY-HOWES, D. (2010). Volcanic risk and tourism in southern Iceland: Implications for hazard, risk and emergency response education and training. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 189, 33–48.
- [19] PÉREZ TORRADO, F. (2015) Los peligros volcánicos en el aula. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 23, 3-4.

INTERDISCIPLINARIEDAD STEAM EN TIEMPOS DE PANDEMIA: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS

Natalia Otero Calviño¹, Miguel Ángel Negrín Medina^{2,3}, Julia D. Domínguez Hernández¹

¹ IES Granadilla de Abona. Granadilla de Abona, Tenerife.

² Departamento de Didácticas Específicas (Didáctica de las Ciencias Experimentales), Facultad Educación, Universidad de La Laguna. La Laguna, Tenerife.

³ Inspección Educativa, Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes, Gobierno de Canarias. Santa Cruz de Tenerife.

Dirección de correspondencia: mnegrinm@ull.edu.es

Palabras clave: STEAM; pandemia; COVID-19; prevención de riesgos; interdisciplinariedad; enseñanza en línea.

Keywords: STEAM; pandemic; COVID-19; risk prevention; interdisciplinarity; online teaching.

Resumen

La pandemia de COVID-19 trajo consigo cambios importantes en el quehacer docente. El pasar de una enseñanza presencial a otra en línea para la continuidad escolar supuso diseñar experiencias de aprendizaje realistas que mantuviesen el interés en el alumnado por aprender en este escenario. En este sentido se presenta una experiencia interdisciplinar llevada a cabo en el IES Granadilla de Abona entre las materias de Tecnología y Biología y Geología que consistió en que el alumnado actuara como un agente de prevención de riesgos laborales, poniéndolo en práctica antes y después del confinamiento, verificando el positivo impacto de la actividad.

Abstract

The COVID-19 pandemic brought about important changes in teaching. The change from face-to-face teaching to online teaching for school continuity, promoted the design of realistic learning experiences in order to maintain the students' interest in learning under the online scenario. In this sense, we present an interdisciplinary experience carried out at IES Granadilla de Abona between Technology and Biology and Geology subjects. The experience consisted of students acting as an agent of occupational risk prevention, before and after confinement, ascertaining the positive impact of the activity.

INTRODUCCIÓN

A partir de la declaración del estado de alarma en España, mediante el Real Decreto 463/2020, con fecha 14 de marzo, se adoptaron medidas de total confinamiento en los domicilios para toda la población, excepto los trabajadores de los servicios asistenciales.

Desde ese momento se tuvo que suspender la actividad lectiva presencial y se cerraron los centros educativos en todo el país. A consecuencia de tal suspensión de clases de forma presencial se tuvieron que establecer todo tipo de acciones para poder establecer la educación a distancia y de esta forma poder hacer frente a esta hasta entonces inusual situación educativa. Surge así la necesidad de seguir con el proceso de aprendizaje del alumnado en una situación incierta y nueva para todos (alumnado y profesorado). Se llevó a cabo una transformación inmediata de la enseñanza presencial a la modalidad en línea donde fue necesario el diseño de experiencias de aprendizaje realistas, actuales y relacionadas con el entorno próximo del alumnado para garantizar su interés por seguir aprendiendo en un escenario completamente nuevo.

La robustez de nuestro sistema educativo se vio sometida, por tanto, a fuertes tensiones a consecuencia del confinamiento, aflorando algunas debilidades entre las que destacamos:

1. La brecha digital: producto de la desigualdad social que provocó que las familias con menor renta per cápita, monoparentales, con menor nivel de formación o con limitadas competencias digitales tuvieran muchísimas dificultades para acceder a la educación telemática [1].
2. La competencia digital docente: en el confinamiento afloró que una parte muy importante del profesorado presentaba muchas dificultades para incorporar al proceso de enseñanza y aprendizaje las tecnologías de la comunicación y de la información (TIC). En este sentido, Cabero-Almenara [2] indica que una parte importante del profesorado considera a la enseñanza en línea como de segunda categoría frente a la presencial.
3. La crisis curricular: la pandemia rompe con la tradicional carga académica del currículo, sobre todo en aspectos cuya trascendencia es relativa, lo que ha supuesto la revisión de los currículos en cada una de las etapas del sistema educativo, ajustándolos a la realidad social existente [3].

A consecuencia de lo anterior, la transformación de la institución escolar ha sido evidente, dado que las fuertes distorsiones sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje modificaron drásticamente la docencia en todos los niveles del sistema educativo, al pasar durante el confinamiento de la clásica docencia presencial a la telemática. Es justo en este paso donde las emociones han puesto sobre la mesa aquellas que profundizaban en las que generaban incertidumbre, miedo y angustia, o en aquellas que generan un sentimiento de responsabilidad y cuidado frente a la COVID-19 [4].

OBJETIVOS

Partiendo del análisis anterior, se propuso una intervención didáctica mediante una tarea interdisciplinar entre el departamento de Tecnología (utilizando el método de proyectos) y el departamento de Biología y Geología (investigando sobre las enfermedades) del IES Granadilla de Abona (Tenerife).

El trabajo consistió en la elaboración de un Plan de Prevención de Riesgos del centro en el que el alumnado se transformase en técnico de Prevención de Riesgos Laborales en materia de seguridad y salud del centro. Se planteó el problema de la vuelta a la actividad lectiva de forma segura (junio 2020), en un mismo nivel educativo, pero en dos escenarios diferentes en el tiempo: alumnado de 3º de la ESO durante el confinamiento total al inicio de la pandemia y, posteriormente, en este nivel se analiza la misma actividad después del confinamiento (octubre 2020). Todo ello utilizando una metodología de enseñanza y aprendizaje combinado para la tecnología y las ciencias de la naturaleza mediante la puesta en práctica de conocimientos adquiridos por el alumnado hasta este momento, a través del aprendizaje aplicado de los mismos (tipo STEAM).

METODOLOGÍA

Se diseñó y se planteó al alumnado una tarea interdisciplinar entre el departamento de Tecnología (utilizando el método de proyectos) y el departamento de Biología y Geología (trabajando el tema de las enfermedades) en la que el alumnado debía elaborar un Plan de Prevención de Riesgos Laborales en materia de seguridad y salud, para asegurar la vuelta segura al IES Granadilla de Abona, centro educativo situado en la zona sur de Tenerife (figura 1). De este modo el alumnado se convierte en partícipe de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje y plantea soluciones al problema real que está ocurriendo en su entorno más próximo (la situación de pandemia debida al COVID-19) y de esta manera es el propio alumnado el que organiza y propone soluciones que luego se implantarán en el centro.

Participaron 30 estudiantes de 3º ESO en confinamiento y 20 bajo presencialidad condicionada.

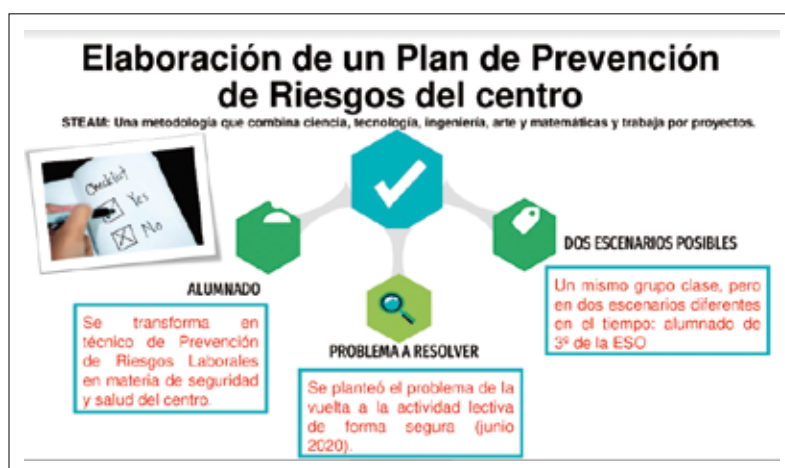


Figura 1. Proceso de elaboración del plan.

Con respecto a los criterios de evaluación en los que se basa esta propuesta, tenemos que en la materia de Tecnología se trabajan los criterios 1 y 2 donde el alumnado debe ser capaz de diseñar un Plan de Prevención de Riesgos y desarrollar las etapas del proceso de resolución de problemas tecnológicos. Por otro lado, también debía elaborar la documentación técnica necesaria para explicar completamente el diseño realizado (figura 2).

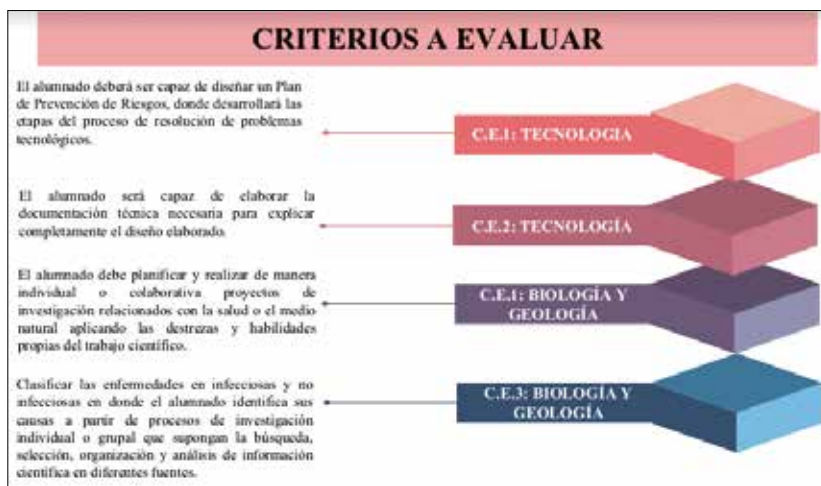


Figura 2. Criterios de evaluación trabajados.

En el caso de la materia de Biología y Geología se trabajan los criterios de evaluación 1 y 3 donde, por un lado, el alumnado debe planificar y realizar de manera individual o de forma colaborativa proyectos de investigación relacionados con la salud o el medio natural aplicando las destrezas y habilidades propias del método científico. Con respecto al criterio 3 se trata de que sea capaz de clasificar las enfermedades en infecciosas y no infecciosas, donde el alumnado debe identificar sus causas a partir de procesos de investigación individual o grupal que supongan la búsqueda, selección, organización y análisis de información científica en diferentes fuentes de información (figura 2).

PROCESO SEGUIDO

El procedimiento que siguió el alumnado se organizó en una serie de fases o etapas basadas en la resolución de problemas siguiendo el proceso tecnológico y que se detallan a continuación:

- **Fase 1: Identificación del problema.** El alumnado realiza una pequeña investigación sobre la enfermedad COVID 19 producida por el virus SARS-CoV-2. Debe indicar el agente patógeno que la produce, sus síntomas, órganos afectados, etc.
- **Fase 2: Búsqueda de ideas.** El alumnado analiza distintas situaciones que pueden darse en el IES Granadilla de Abona o en actividades que se realicen en el mismo y que puedan afectar a la comunidad educativa.
- **Fase 3: Desarrollo de la idea.** Los estudiantes se convierten en técnicos de prevención en riesgos laborales y en este caso debe elaborar un boceto para la clase de 3º de la ESO antes y después del período de confinamiento, indicando las modificaciones a realizar tales como la nueva distribución de las mesas, indicaciones de seguridad, situar mamparas y geles hidroalcohólicos etc., para lograr garantizar las condiciones de seguridad en el aula y evitar los posibles contagios.
- **Fase 4: Planificación.** Partiendo del diseño y la planificación de la fase anterior; el alumnado plantea una serie de medidas tanto sanitarias como organizativas de espacios para evitar el contagio del virus y la vuelta a las aulas de forma segura.
- **Fase 5: Comprobación.** Al haber elaborado una serie de instrucciones para que el alumnado, profesorado y resto de la comunidad educativa quede enterado, se debe comprobar la eficacia de dichas medidas (verificación) en la disminución del riesgo de contagio en el centro educativo.

Por último, y para verificar el impacto de la acción formativa en el alumnado, se les suministró un cuestionario en línea que debían remitir a las docentes, en los dos escenarios en los que se puso en práctica, con el fin de analizar su incidencia en el alumnado y verificar el proceso seguido durante la intervención didáctica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El alumnado, en grupos cooperativos de trabajo, debe presentar el Plan de Prevención de Riesgos al resto del grupo y, a continuación, se realiza una puesta en común con los resultados más relevantes de una encuesta de valoración que todos/as deben rellenar al finalizar a modo de valoración y evaluación de dicha actividad realizada. En función de los resultados obtenidos cabe destacar lo siguiente:

- La actividad planteada, según los resultados obtenidos, ha facilitado la comprensión de las medidas a tener en cuenta debidas al COVID 19, mostrando mayoritariamente resultados positivos (estar de acuerdo o totalmente de acuerdo) en el caso de estar en una situación de confinamiento total (94,1% frente a un 92,9%) como puede observarse en la **figura 3**.

El planteamiento atractivo de la tarea al alumnado, así como el tipo de información suministrada, de actualidad, sin sesgo mediático, real y partiendo de su entorno más próximo, despertó el interés y la motivación de los discentes, independientemente del tipo de modalidad de enseñanza.

- La utilización del método de proyectos facilitó la resolución de la actividad en situación de confinamiento total frente al caso de modo presencial en el aula (94,1% frente a 85,7%) (**figura 4**).

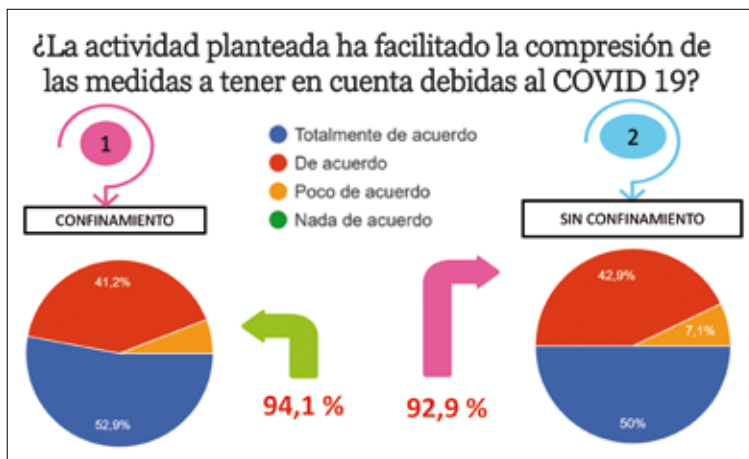


Figura 3. Comprensión de las medidas por el alumnado.

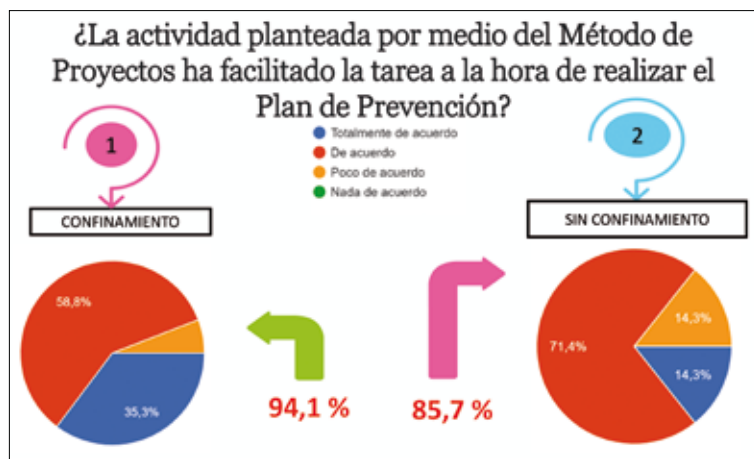


Figura 4. Valoración del método de proyectos.

Según Castilla [5], el método de proyectos constituye la expresión más clara de la concepción y naturaleza de la pedagogía activa moderna en su intento de convertir la escuela en un instrumento de cambio y transformación de la realidad, de construcción activa y significativa de los aprendizajes y conocimientos por los propios actores en base a la investigación, el descubrimiento y en un ambiente de libertad y democracia. Desde el momento que los intereses y aspiraciones son tomados en cuenta para planificar y ejecutar proyectos de aprendizaje, el discente se siente atraído, valorado y respetado tan igual a los otros, interés que aumenta cuando se convierte en el actor directo de su aprendizaje.

- El tipo de actividades que despierte el interés del alumnado es un buen complemento para comprender y aplicar mejor los aprendizajes adquiridos. Estas actividades son más motivadoras en un escenario de confinamiento total frente al caso de las clases presenciales (94,1% vs 85,8% respectivamente) (**figura 5**). El alumnado muestra interés en general por este tipo de actividades independientemente del escenario en el que se lleve a cabo, debido a que se las relaciona directamente con los problemas de su entorno próximo para construir alternativas de solución en la misma realidad; además les permite desempeñar diferentes roles para enfrentarse a la vida, permitiendo que no sólo los aprendizajes sean duraderos sino también la formación de futuros líderes con una serie de habilidades y destrezas para enfrentar el futuro.

■ En el caso de preguntarles si han encontrado suficiente información en las instrucciones para guiarlos en su proceso de resolución de forma segura se observa que se encuentran más seguros a la hora de una enseñanza de tipo presencial, como se muestra en la **figura 6** (92,9% de forma presencial frente a 88,2% en confinamiento).

Queda patente que un docente de forma presencial siempre es un punto a favor debido a que puede vigilar, en tiempo real, la evolución respecto a los saberes básicos que va asimilando cada uno de los discentes pues, a ciertas edades, la educación en línea puede tener más dificultades. Es importante recordar que no todos los contenidos o habilidades se pueden enseñar en línea, con lo que el aprendizaje en línea constituiría un buen complemento al proceso de aprendizaje tradicional dando lugar a una mayor diversidad entre alumnos. Estos procesos deben desarrollarse y combinarse de la manera más efectiva para obtener mejores resultados, pues el nivel de conexión personal difícilmente será igual que en el aula. El centro escolar es un lugar para que los alumnos puedan aprender y socializar. En las clases en línea es más difícil establecer vínculos personales. Actualmente, nos hemos visto obligados a hacer un mayor uso de las plataformas de videoconferencia donde podemos hacer la enseñanza a distancia un poco más cercana. Así lo pone de manifiesto Calderón y col. [6] cuando indican que durante el confinamiento el alumnado experimentó “la falta de competencias digitales y de organización del curso online, así como los problemas estructurales (falta de tiempo y espacio para estudiar) y psicosociales (estado anímico, concentración, etc.)”, cuestión que en la enseñanza presencial no ocurre.

■ Las actividades con aprendizajes aplicados en diferentes materias son más útiles en el caso de confinamiento total (100%) frente a la asistencia presencial a clase (**figura 7**). A pesar de ser un escenario nuevo para todo el alumnado y el profesorado, la motivación en el período de confinamiento fue vital para seguir conectados con el alumnado. El hecho de coordinarse los docentes para diseñar una actividad evitó colapsar al alumnado en la elaboración de tareas, reuniones, recepción de correos, etc.

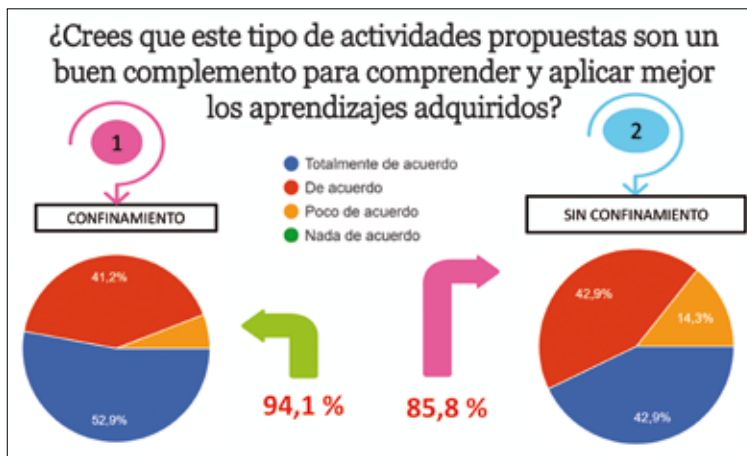


Figura 5. Valoración del tipo de actividades.

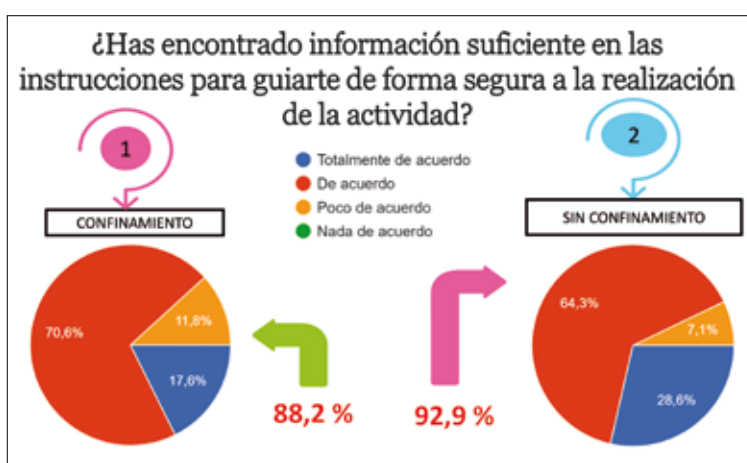


Figura 6. Valoración de la información suministrada.



Figura 7. Valoración de la interdisciplinariedad de los aprendizajes trabajados.

CONCLUSIONES

En la **figura 8** se resumen los aspectos más interesantes de nuestro trabajo respecto al impacto de la intervención propuesta, bajo las dos situaciones que se dieron durante la primera fase de la pandemia de la COVID-19: confinamiento y presencialidad condicionada. Así:



Figura 8. Aspectos reseñables de la intervención bajo las dos situaciones escolares del primer año de pandemia (si existen diferencias, el primer dato es bajo confinamiento)

- Con respecto a facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje utilizando este tipo de metodologías y las TIC, se obtienen resultados similares en ambos escenarios. La motivación del alumnado es imprescindible independientemente del tipo de modalidad de enseñanza para lograr el aprendizaje.
 - Este tipo de actividades es un buen complemento para comprender y aplicar los aprendizajes adquiridos. Se enfrentan a estas actividades solos en casa frente al riesgo de contagiarse en clase.
 - La información ha sido suficiente y las instrucciones concretas. Partiendo de la ausencia de conocimientos previos y la ausencia de vínculo social y compañerismo para crear el clima idóneo para el estudio se obtienen mejores resultados ante las clases presenciales debido a que se pueden obtener cero distracciones y guiar en todo momento el proceso.
- Con respecto al diseño de actividades interdisciplinares, aunque es más difícil la coordinación entre docentes y por otro lado el docente de forma presencial es siempre un punto a favor por poder vigilar en todo momento el proceso de aprendizaje del alumnado, resultan más motivadoras en una situación nueva para ellos/as. Son más útiles y necesarias para evitar la desconexión del alumnado en modalidad en línea.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CABRERA, L. (2020) Efectos del coronavirus en el sistema de enseñanza: aumenta la desigualdad de oportunidades educativas en España [En línea]. *Revista de Sociología de la Educación-RASE* 13 (2) Especial COVID-19, 114-139. doi:10.7203/RASE.13.2.17125
- [2] CABERO-ALMENARA, J. (2020) Aprendiendo del tiempo de la COVID-19 [En línea]. *Revista Electrónica Educare* 24 (suplemento especial), 1-3. doi:10.15359/ree.24-S.2
- [3] MORENO-RODRÍGUEZ, R. (2020) Reflexiones en torno al impacto del Covid-19 sobre la educación universitaria: aspectos a considerar acerca de los estudiantes con discapacidad [En línea]. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social* 9 (3). <https://revistas.uam.es/riejs/article/view/12227>
- [4] JOHNSON, M., SALETTI-CUESTA, L., TUMAS, N. (2020) Emociones, preocupaciones y reflexiones frente a la pandemia del COVID-19 en Argentina [En línea]. *Ciencia & Saúde Coletiva* 25, 2447-2456. doi:10.1590/1413-81232020256.1.10472020
- [5] CASTILLA, E. (1999) *Principales métodos y técnicas educativas*. Lima, Editorial San Marcos, p. 102.
- [6] CALDERÓN GÓMEZ, D., KURIC KARDELIS, S., SANMARTÍN ORTÍ, A. (2020) En clase desde la distancia: experiencias y dificultades del alumnado de secundaria y universitario durante la pandemia de la Covid-19. *Participación Educativa* 8, 43-57.

ELEMENTOS QUÍMICOS DESCUBIERTOS POR ESPAÑOLES: FUENTE DE INSPIRACIÓN Y DE RECURSOS PARA UNA DOCENCIA INTERDISCIPLINAR

Gabriel Pinto Cañón

Grupo Especializado en Didáctica e Historia de la Física y la Química, Reales Sociedades Españolas de Física (RSEF) y de Química (RSEQ). E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Dirección de correspondencia: gabriel.pinto@upm.es

Palabras clave: educación STEAM; elementos químicos; historia de la ciencia.

Keywords: chemical elements; history of science; STEAM education.

Resumen

Se aborda la historia asociada a los descubrimientos de tres elementos (Pt, W y V) por científicos españoles durante la Ilustración Española (s. XVIII), como fuente de inspiración para docentes de asignaturas diversas (Física y Química, Matemáticas, Geografía e Historia, Tecnología...). Además, se informa sobre recursos didácticos desarrollados (maquetas de expediciones, exposiciones de libros, artículos...) al respecto.

Abstract

This paper deals with the history associated with the discoveries of three chemical elements (Pt, W and V) by Spanish scientists, during the Enlightenment in Spain (18th century). It can be a source of inspiration for teachers of different subjects (Physics, Chemistry, Mathematics, History, Technology...). Information is also provided on the educational resources developed (scale models of expeditions, articles...) on this topic.

INTRODUCCIÓN: LA ILUSTRACIÓN ESPAÑOLA, UN TIEMPO DE REFORMAS

En trabajos previos se expusieron ideas para introducir aspectos relacionados con la tabla periódica como recursos para la educación STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) [1-4]. Se apuntaba que la contribución española no es un tema menor, especialmente en lo que concierne al descubrimiento de tres elementos: vanadio, wolframio y platino. Tanto estas aportaciones como otras realizadas por científicos españoles se han considerado a veces como fruto del 'esfuerzo individual' de personajes aislados. Sin embargo, al menos en este caso, se trata del resultado de un esfuerzo colectivo impulsado durante el siglo XVIII, en el contexto de la *Ilustración Española* y consiguientes *Reformas Borbónicas*. Como es sabido, la Ilustración fue un movimiento filosófico y cultural que acentuó el predominio de la razón humana (*'la luz frente a las tinieblas'*), y supuso una *globalización cultural* hacia una *'comunidad del saber'*. En la **Fig. 1** se recoge un cronograma de la historia de España de los siglos XVIII y XIX, y de las vidas de los científicos involucrados en los descubrimientos citados, que fueron coetáneos. Entre otras características de la *Ilustración Española* cabe citar:

- Un interés general por reformar aspectos de agricultura, obras públicas, administración (promoviendo el centralismo y la reestructuración del ámbito americano en virreinos, intendencias y capitanías generales), comunicaciones, industria (con mejoras económicas y técnicas en sectores como la minería y metalurgia en la América Española), y enseñanza (considerada como el instrumento clave para posibilitar la mejora pública).
- Gobiernos basados en el *despotismo ilustrado*, que pretendía el 'bien del pueblo', de forma paternalista, considerándolo 'objeto' de las reformas y no 'sujeto' de su propia historia. Los monarcas –primeros Borbones– confiaron para ello en personas ilustradas.
- La generación de iniciativas para impulsar la profesionalización de los ejércitos.

- Un esfuerzo por desarrollar una 'ciencia propia', que permitiera la aplicación de una tecnología que facilitara el mejor aprovechamiento de los recursos. Este esfuerzo permitió la incorporación de España a la *Revolución Científica*, fundamento de la ciencia moderna.

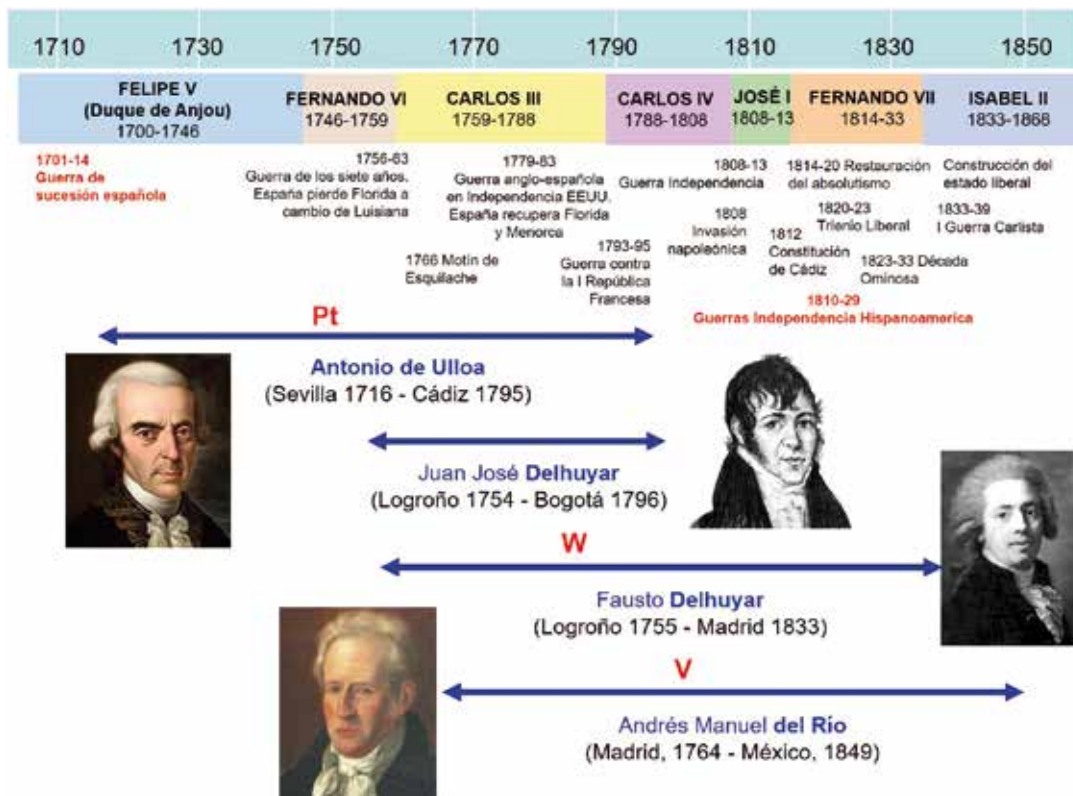


Figura I. Cronograma (s. XVIII a mediados del s. XIX) de hechos históricos y los periodos de vida de los científicos españoles aludidos en el texto. Elaboración propia.

- La creación de instituciones científicas y educativas, como: *Regia Sociedad de Medicina y Demás Ciencias* (Sevilla, 1701), *Academia de Guardiamarinas* (Cádiz, 1717), *Academia Militar de Matemáticas y Fortificación* (Barcelona, 1720), *Colegio de Cirugía* (Cádiz, 1748), *Real Colegio de Artillería* (Segovia, 1764), *Sociedad Bascongada de Amigos del País* (1765) y su *Real Seminario Patriótico de Bergara* (Guipúzcoa, 1777), y *Academia de Minería y Geografía Subterránea* (Almadén, 1777).
- La financiación de expediciones científicas, como la *Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada*, dirigida por el sacerdote, botánico, matemático y médico José Celestino Mutis, que se inició en 1783 y duró cerca de tres décadas, en la que se estudiaron y clasificaron miles de especies vegetales y animales, en territorios de la actual Colombia.

Como complemento de todo lo anterior, se fomentó el intercambio científico con el exterior, especialmente con los países del entorno europeo, a través de acciones como:

- La financiación de 'pensionados' (becas de estudio) para que jóvenes con talento ampliaran estudios en los primeros centros educativos europeos.
- La organización de programas de 'espionaje industrial' o 'comisiones de observadores', con personajes como Jorge Juan, Tomás de Morla y Agustín de Betancourt, entre otros.
- La contratación de profesionales extranjeros en centros educativos e instituciones de nueva creación o que se pretendían renovar, como el ingeniero de minas sajón Heinrich Christophe Störr –primer director de la Academia de Minas de Almadén, nombrado en 1777 por Carlos III, el paradigma de monarca

ilustrado, por indicación de su ministro José Bernardo de Gálvez y Gallardo, marqués de la Sonora (tío de Bernardo de Gálvez, uno de los 'padres fundadores' de EE. UU.)-. Destacó también Joseph Louis Proust, que enunció la *Ley de proporciones definidas en el Colegio de Artillería* de Segovia, donde trabajó desde 1778; además, desarrolló vuelos aerostáticos y dirigió el Laboratorio Real de Madrid. Otro químico francés relevante fue Pierre-François Chavaneau, que trabajó, entre 1777 y 1799, sucesivamente, en el *Seminario Patriótico* de Bergara, la *Casa de la Platina* de Madrid y la *Real Escuela de Mineralogía*, también en Madrid.

A continuación se recogen aspectos de las vidas y el contexto de los españoles que destacaron en el descubrimiento de los tres elementos metálicos citados. Más información al respecto y bibliografía adicional puede encontrarse en otros trabajos [5-10].

ANTONIO DE ULLOA Y EL DESCUBRIMIENTO DEL PLATINO

Antonio de Ulloa y de la Torre (Sevilla, 1716 – Isla de León, Cádiz, 1795) fue hijo del economista y aristócrata Bernardo de Ulloa y de Sosa, que participó en el *movimiento novator* –los 'novatores' fueron precursores de las ideas ilustradas en las últimas décadas del s. XVII y mantuvieron tensiones con los 'escolásticos' (defensores de los 'viejos patrones')-. Se embarcó con 13 años en una expedición a Cartagena de Indias y en 1733 ingresó en la *Real Academia de Guardiamarinas* de Cádiz, donde se daba formación científica y práctica a los futuros oficiales de la Marina. En 1735 fue destinado para participar en la *Misión Geodésica*, que recorrió tierras de los actuales Colombia, Ecuador y Perú durante nueve años. En el tornaviaje fue apresado por corsarios, que lo llevaron a Londres, donde fue tratado con respeto y se le nombró miembro de la *Royal Society*. A su vuelta a España, recibió el encargo de Fernando VI y su ministro, el Marqués de la Ensenada, de conocer los avances científicos y tecnológicos de algunos países europeos, y promocionar productos españoles como lana, aceite y vino.

Volvió a América como gobernador de Huencavelica (Perú) y superintendente de sus minas de cinabrio (que permitían la obtención de mercurio, estratégico para la extracción del oro y de la plata y que, anteriormente, se llevaba desde Almadén). Fue gobernador de Luisiana, participó en varios conflictos militares y llegó a ser Director General de la Armada. Su trayectoria política y militar se acompañó de una relevante participación en descubrimientos científicos, gestión de distintos ámbitos de la cultura y responsabilidades técnicas, como la dirección del *Canal de Castilla* (un canal de navegación y de riego, que se planteó como una obra civil innovadora de ingeniería hidráulica).

Durante los siglos XVIII y XIX tuvieron lugar importantes expediciones científicas. Una de las pioneras fue la *Misión Geodésica*, ya citada, con la que se intentaba resolver una duda que dividía de forma apasionada a los eruditos en el s. XVIII. Para la mayoría de los científicos ingleses la forma de la Tierra era de *elipsoide oblato* (achatada en los polos), mientras que los franceses pensaban que era del tipo *elipsoide prolato*. Por dilucidar el dilema –se conocía como 'la pugna entre la forma de sandía o melón'–, la *Académie Royale des Sciences* reunió a científicos para hacer dos expediciones que midieran la longitud de un grado del arco del meridiano en la región ecuatorial (cerca de Quito) y en Laponia. Para la primera el rey de Francia, Luis XV, solicitó permiso al de España, Felipe V, que accedió, con la condición de que participaran también españoles. Por eso, junto a científicos franceses de primer nivel se incorporaron los guardiamarinas Jorge Juan y Santacilia, de 21 años, y Ulloa, de 19 años. La medida del arco del meridiano no fue una tarea rápida; implicaba recorrer sitios con dificultades orográficas, superar inclemencias climáticas (desde el frío de nieves perpetuas en la cordillera andina a valles calurosos llenos de mosquitos), procediendo con técnicas complejas (medidas astronómicas, topográficas...) y resolver aspectos administrativos y militares. Durante la expedición, Ulloa se dio cuenta, como describió en un libro publicado en 1748, que en el Partido de Chocó (actual Colombia) «...se hallan minerales, donde la Platina (piedra de tanta resistencia, que no es fácil romperla, ni desmenuzarla con la fuerza del golpe sobre el yunque de acero) es causa de que se abandonen; porque ni la calcinación la vence, ni hay arbitrio para extraer el metal, que encierra, sino a expensas de mucho trabajo, y costo». El platino era utilizado de forma aislada por los indios precolombinos. Se conocía por los españoles en zonas del Reino de Nueva Granada en el s. XVI como 'platina del Pinto', por su parecido a la plata y su localización cerca del río Pinto. Ulloa se percató de que era un nuevo metal y no una impureza indeseable del oro y la plata, lo llevó a la literatura científica como nuevo elemento químico (con los conocimientos del s. XVIII), que

se conoció como 'oro blanco' u 'octavo metal', y su purificación pasó a ser tema de investigación. Está muy vinculado a España: además de descubrirlo Ulloa, se estudió aquí por Proust y Chavaneau, y se creó la *Casa de la Platina* en Madrid (que lideró su explotación, purificación y comercialización, hasta su expolio con la Invasión Francesa de 1808).

En el libro citado sobre la expedición también se describieron otros fenómenos naturales, como los denominados posteriormente 'anillos de Ulloa' –causados por un efecto óptico, por difracción, reflexión y refracción de la luz en gotas de agua, formando anillos de colores–. A través de sus obras, se aprecia una importante contribución en ámbitos de la ciencia, la ingeniería y la Armada. Sus relatos sobre América supusieron una revelación en múltiples campos, desde la naturaleza o minería al modo de vida de los indígenas. Voltaire le dedicó estas palabras: «*le philosophe militaire Ulloa: si célèbre par les services qu'il a rendu à la physique, et par l'histoire philosophique de ses voyages*».

LOS HERMANOS ELHUYAR Y EL DESCUBRIMIENTO DEL WOLFRAMIO

El descubrimiento del wolframio se produjo por los hermanos Juan José y Fausto Elhuyar (escrito también como Delhuyar o D'Elhuyar, entre otros). Para profundizar en el tema se recomiendan los trabajos de Román Polo [11] y de Vilar [12].

Juan José nace en Logroño, en 1754, de familia vascofrancesa. Su padre era *cirujano latino* (porque podía 'recetar en latín'), aficionado a la química (realizó destilación de vinos para obtener aguardiente, análisis de aguas naturales, etc.). Entre 1773 y 1777 estudió Cirugía, Matemáticas e Historia Natural en París. Se implicó en una operación de espionaje de la Armada, para descubrir el método de fabricación de cañones de los ingleses en la localidad escocesa de Carron. La operación concreta fracasó, pero los conocimientos científicos y tecnológicos adquiridos en diversos centros de investigación europeos, por él y por su hermano Fausto, les permitirían conseguir la hazaña del descubrimiento del wolframio. Así, en 1781, Juan José recibió un 'pensionado' en Suecia para profundizar en los conocimientos de química que permitieran mejorar la fabricación de cañones. Allí aprendió de Tobern Olof Bergman y Karl Wilhelm Scheele los métodos modernos de laboratorio y le sugirieron que había un nuevo elemento en un mineral (conocido ahora como sheelita, CaWO_4). En 1783 aisló el wolframio, con su hermano, en el *Laboratorium Chemicum* del Real Seminario de Bergara. Un año después fue enviado para dirigir las minas de plata de Santa Fé de Bogotá (en la actual Colombia, entonces parte del Virreinato de Nueva Granada), donde entabló amistad y colaboró con Celestino Mutis. Falleció allí en 1796. Su hijo José Luciano fue un militar colombiano que destacó en la guerra de la independencia de su país.

Fausto nació también en Logroño, en 1755, y realizó simultáneamente con su hermano los estudios en París ya citados. Entre 1778 y 1781 continuó su formación en diversas instituciones europeas y, entre 1781 y 1785, trabajó como catedrático de Mineralogía y Metalurgia en el Real Seminario de Bergara, donde coincidió con Chavaneau. Amplió estudios entre 1784 y 1788, con estancias en Alemania, Suecia, Viena y otros países. Desde 1788 residió en México, como Director General de Minería de Nueva España, creando el *Real Seminario de Minería* (1792) y el *Palacio de Minería* (entre 1787 y 1813) –obra maestra de la arquitectura neoclásica en América–. Tras la independencia de México, regresó a España en 1821, como Director General de Minas, falleciendo en 1833.

En 1781 Scheele anunció el descubrimiento de un nuevo metal, el tungsteno ('*piedra pesada*'), obtenido del mineral hoy conocido como *scheelita* (CaWO_4); pero se trataba de WO_3 . Dos años después, los hermanos Elhuyar aislaron el elemento puro a partir de otro mineral, la wolframita (de *wolf-rahm*, baba de lobo), que hoy se considera como un conjunto de minerales intermedios de una serie de disolución sólida entre los extremos ferberita, FeWO_4 , y hübnerita, MnWO_4 . Para ello, siguieron los pasos: 1. molienda; 2. reacción del $(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$ con ácido clorhídrico para obtener H_2WO_4 ; 3. calentamiento de este compuesto, para obtener WO_3 ; y 4. reducción con carbón, según la reacción $\text{WO}_3 + 3\text{C} \rightarrow \text{W} + 3\text{CO}$. En sus escritos, indicaron: «*Lo llamaremos wólfram, tomando el nombre del mineral del que se ha extraído*». Por ello, la comunidad científica española prefiere que se llame wolframio, aunque la RAE admite también el nombre de tungsteno. En inglés, aún con símbolo W, la IUPAC solo admite la denominación de *tungsten*.

ANDRÉS MANUEL DEL RÍO Y EL DESCUBRIMIENTO DEL VANADIO

Andrés Manuel del Río nació en Madrid el 10 de noviembre de 1764. Con 9 años ingresó en los *Reales Estudios de San Isidro* de Madrid (actual I.E.S. San Isidro, ubicado en la calle de Toledo desde 1569), donde destacó como 'cursante más aprovechado'. Compaginó su formación con el estudio de leyes en los dominicales (sesiones académicas impartidas los domingos) de la *Real Universidad de Alcalá*, donde se graduó en 1781. En 1782 del Río se incorporó a la recién fundada Academia de Minas, por sus excelentes resultados académicos. Amplió estudios en París entre 1784 y 1788 sobre Química, Historia Natural y Fisiología. Fue discípulo de Jean d'Arcet, director de la *Manufacture de Sèvres*, con quien se introdujo en la fabricación de porcelana, tema de interés en España por las dificultades encontradas en la *Real Fábrica de Porcelanas del Buen Retiro* de Madrid. Entre 1788 y 1790 estudió en la *Bergakademie* (Escuela de Minas) de Freiberg en Sajonia, con el fin de "adiestrarse en el nuevo método de amalgamación de Born" para la obtención de oro y plata. Allí fue discípulo de Abraham Gottlob Werner, uno de los fundadores de la mineralogía moderna, entonces conocida como *Orictognosia* –del griego 'ορυκτος', *oryktos*, 'desenterrado' y 'γνωσις', *gnosis*, 'conocimiento'–. Durante ese período, del Río también estudió en la *Academia de Minas* de Schemnitz (actual Banská Štiavnica, Eslovaquia). Fue condiscípulo de Alexander von Humboldt (quien destacaría como geógrafo, naturalista y viajero) y coincidió con Fausto Elhuyar, ya reconocido por el descubrimiento del wolframio. Entre 1790 y 1791 realizó viajes de estudio por distintas zonas industriales y mineras centroeuropeas. De vuelta a París, en 1791, coincidió en el laboratorio de *El Arsenal*, dirigido por Lavoisier, con el Abate Haüy, fundador de la cristalografía. Durante el período de la Revolución Francesa huyó a Inglaterra, para estudiar la fundición del hierro y la nueva maquinaria en minería. Allí recibió ofertas de trabajo pero su compromiso con España le disuadió de aceptarlas. En 1793, estando de nuevo en Viena, recibió el encargo de ir a Nueva España, como profesor del *Real Seminario de Minería* de México, para impartir Mineralogía y Laboreo de Minas.

Algunas acciones destacadas de del Río en su primera etapa mexicana fueron: la publicación de obras como *Elementos de Orictognosia* (parte I, 1795, y parte II, 1805) y del *Discurso sobre volcanes* (1799) donde trata sobre el origen de las rocas; el desarrollo de la ingeniería para una mina en Pachuca (1799-1780); el descubrimiento del eritronio (1801), que posteriormente se conocerá como vanadio, como se explica después; la traducción de las Tablas mineralógicas de D. Karsten (1804); la construcción de una ferrería en Coalcomán (1806–1809); el reconocimiento de minas de hierro y mercurio en Guatemala (1810–1812); y la dirección de la *Real Casa de la Moneda de México* (1815). Entre 1803 y 1804 convivió estrechamente con su amigo Humboldt quien, aparte de hacer mapas geológicos de la zona, se involucró en las actividades del *Seminario de Minería*.

En esa época la entidad territorial de la zona era el Virreinato de Nueva España, fundado en el s. XVI, que incluía, entre otros, aparte del actual México, a Cuba, Puerto Rico, Centroamérica, Filipinas y gran parte de los actuales EE. UU. Aunque hubo conflictos anteriores, el inicio formal de la *Guerra de la Independencia* mexicana se considera en 1810. En la guerra la minería alcanzó un valor estratégico para la producción de armamento y afectó mucho a del Río, pues algunos de sus discípulos fueron ejecutados. La guerra terminó una década después, en 1821, con la entrada triunfal de Agustín de Iturbide en la ciudad de México. No obstante, continuó un periodo turbulento en el país.

Después de 26 años en tierras mexicanas, del Río regresó a España como representante de Nueva España en las Cortes del *trienio liberal* (1820-1823). Como diputado, defendió la independencia de México y participó en la ley de minas y en la comisión de salud pública, entre otras iniciativas. No aceptó el ofrecimiento de dirigir las minas de Almadén y el *Gabinete de Historia Natural* para quedarse en España. Cuando retornó a México, en 1822, compaginó su labor en el *Seminario de Minería* con el cargo de introductor de embajadores en la corte de Agustín I. Desarrolló durante un lustro algunos de sus trabajos científicos más relevantes, como estudios de nuevos minerales, y la traducción del *Nuevo Sistema Mineralógico* de Berzelius (1828).

Tras la independencia, se decretó en 1829 la expulsión de españoles. Entre las excepciones a esta medida se encontraba la del propio del Río, pero parece ser que, en solidaridad con sus compatriotas expulsados, se autoexilió con 64 años a EE. UU., donde fue acogido con honores por la comunidad científica. En 1835 se reincorporó a un *Palacio de Minería* en decadencia, con pocos alumnos. Entre 1835 y 1836 México tuvo que afrontar la guerra por la que se formalizó la República de Texas que, tras una segunda campaña bélica, entre 1842 y 1844, se uniría a EE. UU. Otro episodio que asoló México fue la *Guerra de los Pasteles* o primera intervención francesa (1838-1839). Por todo ello, la última época de la vida de del Río estuvo rodeada de

cierta amargura. Además, se decepcionó por la falta de interés de los nuevos gobernantes hacia la tecnología: «es una desgracia, porque estas ciencias industriales y las artes son las que constituyen la felicidad temporal de las naciones». El 23 de marzo de 1849, con 84 años, falleció repentinamente. En la **figura 2** se recoge un cronograma en el que se superponen etapas de la historia de España y de México con las etapas de su vida.

En cuanto a su implicación en el descubrimiento de un nuevo elemento, en 1801, del Río analizó una muestra de una piedra extraña de *plomo pardo* de Zimapán, que se creía era fosfato de plomo. Hoy se conoce como vanadinita y se sabe que es un clorovanadato de plomo, $Pb_5Cl(VO_4)_3$. Encontró en ella un 14,8% de óxido de un metal desconocido, que denominó pancromo –del griego ‘muchos colores’, por la multitud de colores de sus compuestos– y, posteriormente, *eritronio* –del griego ‘rojo’, por el color que se apreciaba al calentar y añadir ácido a algunas de sus sales–. En 1803 se lo comunicó a su amigo Humboldt, en su estancia en México, quien creyó que se trataba de un compuesto de cromo (descubierto en 1797) o de uranio (descrito en 1789). Humboldt regresó a Europa con muestras para analizar y una copia en francés de los manuscritos de del Río al respecto. En 1805, Hippolyte Victor Collet-Descotils, director de la *École des Mines* de París, concluyó que poseía un 16% de ácido crómico y que no se trataba de un nuevo metal.

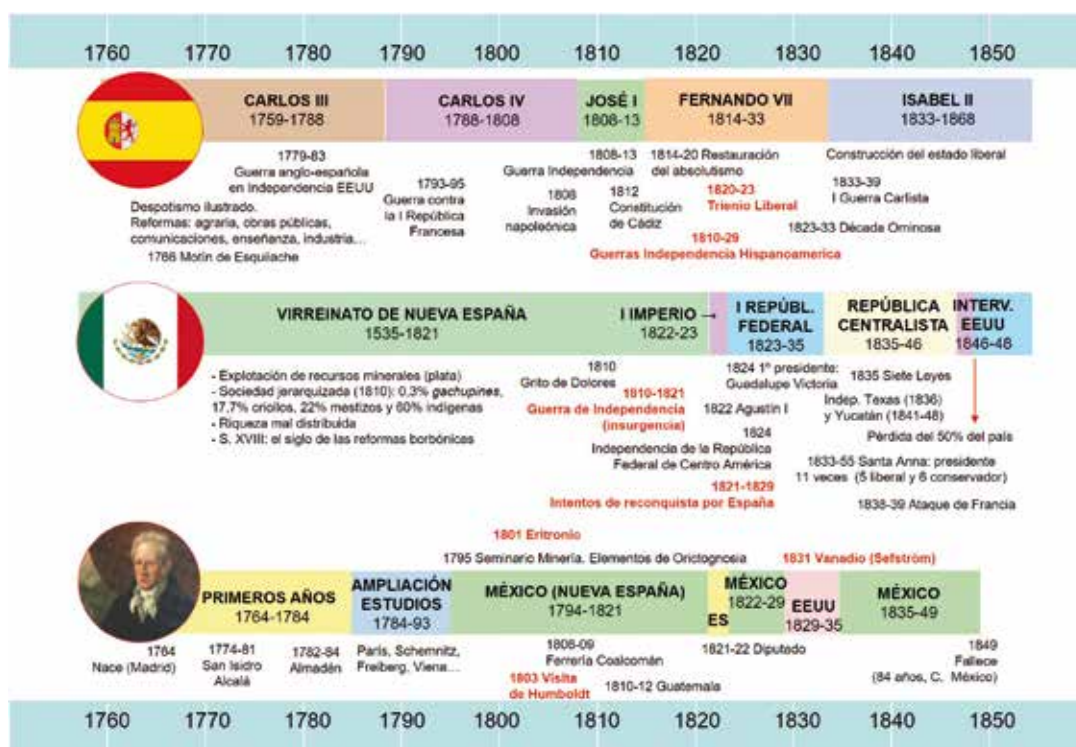


Figura 2. Cronograma (mitad del s. XVIII a mitad del s. XIX) con hechos históricos de España y México, y las etapas en la vida de Andrés del Río. Elaboración propia.

Del Río aceptó su ‘error’ en pensar que se trataba de un nuevo elemento, pero reivindicó que, al menos, descubrió que el *plomo pardo* no era un fosfato, como se creía, y que fue el primero en pensar que pudiera contener cromo. Durante años manifestó su resquemor por la forma de actuar de Humboldt y Descotils. En 1831, el sueco Nils Gabriel Sefström, avalado por su maestro Jöns Jacob Berzelius, encontró un “nuevo” metal acompañando al hierro de una ferrería. Lo denominó vanadio, por la diosa escandinava de la belleza *Vanadis*. Ese mismo año, el alemán Friedrich Wöhler analizó una de las muestras de plomo pardo de Humboldt y concluyó que el óxido de vanadio encontrado era idéntico al de *eritronio* de del Río. Así, tres décadas después, se comprobaba que del Río, efectivamente, había descubierto el nuevo elemento. Un sobrino de Humboldt le indicó a del Río, en Filadelfia, que su tío le había comentado que los cajones que iban a Francia con las notas del descubrimiento y alguna muestra se habían perdido en un naufragio.

Aunque en 1831 Berzelius sugirió haber producido vanadio, se trataba de nitruro de este metal. Hasta 1867 no fue aislado, por el inglés Henry Enfield Roscoe, por reducción de VCl_3 con hidrógeno. A mediados del siglo XX,

científicos mexicanos reivindicaron ante la IUPAC que se cambiara el nombre de vanadio por eritronio. Destacó en ello Modesto Bargalló –otro gran profesor de química español que desarrolló su carrera en México–, para lo que contó con el apoyo de Linus Pauling.

Del Río obtuvo en su dilatada vida un amplio reconocimiento internacional, siendo miembro de varias sociedades científicas. Siendo mucho más considerado en México que en España, el Ayuntamiento de Madrid le honró, en 2020, con la aprobación de una proposición, interesando que se asigne su nombre a algún espacio público o edificio de carácter científico, por su contribución a la ciencia; y concretamente, por el descubrimiento del vanadio [7].

RECURSOS DIDÁCTICOS Y DIVULGADORES

De todo lo indicado, se infiere que el tratamiento de los descubrimientos de los tres elementos –Pt, W y V– puede ser una fuente de inspiración para generar muchos recursos, educativos y divulgativos, de carácter variado y multidisciplinar. Se puede hacer énfasis en la diferencia entre identificar, aislar o describir los elementos químicos, así como discutir sus propiedades, aplicaciones y procesos (como reacciones químicas) implicados. A nivel histórico, son ejemplos de lo que se logró durante la *Ilustración Española*, con aspectos potencialmente interesantes para los jóvenes (expediciones científicas, aventuras con corsarios, viajes, relación entre ciencia y tecnología, labores de espionaje, juventud de los protagonistas cuando hacen sus aportaciones científicas, etc.). Todo ello entronca con metodologías docentes innovadoras, como las que se proponen con la nueva legislación educativa en España, como el aprendizaje desde varios ámbitos de conocimiento y el desarrollo de las competencias STEM.

También se pueden hacer actividades fuera del aula, en museos, como algunos de Madrid (el *Museo Naval* recoge parte de la labor desarrollada por Ulloa), Bergara (el *Museo Laboratorium* incluye una colección del *Real Seminario*, instrumental científico antiguo y explicaciones sobre el descubrimiento del wolframio) y Ciudad de México (en el *Retablo de la Independencia* del *Museo Nacional de Historia*, realizado por Juan O’Gorman, se recogen las figuras de Fausto Elhuyar, von Humboldt y del Río) [9]. Si no se pueden visitar, siempre existe la posibilidad de aprovechar los recursos que ofrecen estas entidades a través de internet.

Desde el punto de vista del arte y el diseño (que facilita la aplicación de la ‘A’ del STEAM), se puede destacar que en Ecuador existe un monumento conmemorativo de la *Expedición Geodésica* que incluye una escultura de Ulloa. En la fachada del edificio del *Ministerio de Agricultura*, de la plaza de Atocha de Madrid, hay otra escultura de este científico. Un homenaje escultórico de los tres elementos y sus descubridores se inauguró en 2019 en la *Facultad de Ciencias Químicas* de la *Universidad Complutense de Madrid* (Fig. 3). Todo esto puede ser la base de ‘paseos didácticos’, presenciales o virtuales. Los cuatro personajes tratados se han homenajeado también a través de sellos (Fig. 3), por lo que se puede hacer una aproximación a ellos mediante la filatelia [10].



Figura 3. Escultura y sellos conmemorativos de los cuatro españoles que colaboraron en el descubrimiento de Pt, W y V (ver texto). Fotografías tomadas por el autor.



Figura 4. Maqueta sobre la Misión Geodésica para actividades divulgativas (véase el texto). Fotografías tomadas por el autor.

Por poner otros ejemplos, aparte de otros más clásicos como los cronogramas ya señalados, el autor de este trabajo ha realizado tareas educativas y de divulgación de cierta originalidad sobre el tema, como la explicación de la Misión Geodésica con una maqueta (realizada por Francisco Díaz Muñoz, artista y técnico de laboratorio en la Universidad Politécnica de Madrid, UPM), muñecos de *playmobil* y otros objetos (véase Fig. 4).

Además, aprovechando el patrimonio bibliográfico de la UPM, se realizó una exposición itinerante durante 2019 y 2020 en la que, entre otras aportaciones, se mostraron libros y objetos sobre el descubrimiento de los tres elementos. Sigue accesible a través de la web de Colección Digital Politécnica (<https://bit.ly/3B3txlu>) Por último, otra experiencia consistió en 'disfrazar' a jóvenes voluntarios, de forma sencilla (con sombreros de época) para que se sintiesen durante unos instantes como aventureros y 'descubridores de elementos', mientras se explicaban las historias asociadas (Fig. 5).



Figura 5. El autor, teatralizando con unos jóvenes las historias sobre los descubrimientos de elementos descritos en el texto.

CONCLUSIONES

Se considera que la historia asociada a los descubrimientos por científicos españoles de los elementos Pt, W y V puede ser una fuente de estímulo constante, especialmente para las generaciones más jóvenes y, por ello, debe ser más conocida. Estos descubrimientos son de las hazañas más relevantes del periodo conocido como *Ilustración Española* (s. XVIII), que se vio frustrado con la Invasión Francesa a principios del siglo XIX. Las múltiples perspectivas de todos los ámbitos explicados aquí pueden servir de inspiración para el desarrollo de recursos educativos y divulgativos para la formación en competencias STEM y la creación de actividades STEAM, así como para desarrollar visiones interdisciplinares por docentes de asignaturas diversas (Física y Química, Matemáticas, Geografía e Historia, Tecnología...).

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen las ayudas recibidas por: Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (Proyecto de innovación educativa IE22.0506), Obra Social «la Caixa» (proyecto divulgativo «Ciencia y Tecnología al alcance de tod@s»), y Comunidad de Madrid, a través del Convenio Plurianual con la UPM, en su línea de actuación Programa de Excelencia para el Profesorado Universitario, en el marco del V PRICIT (V Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PINTO, G., MARTÍN, M., CALVO, M. A., DE LA FUENTE, A. (2019) Año Internacional de la Tabla Periódica (2019): Una Oportunidad para Abordar Contextos de Didáctica e Historia de la Física y la Química. *Revista Española de Física*, 33(1), 10-18.
- [2] PINTO, G. (2019) La Tabla Periódica como Recurso Imprescindible para el Aprendizaje y la Divulgación de las Ciencias. *Educación en la Química*, 25(2), 17-52.
- [3] PINTO, G. (2019) Editorial: Número Monográfico sobre el Año Internacional de la Tabla Periódica. *Anales de Química*, 115(2), 54-55.
- [4] PINTO, G. (2022) La Tabla Periódica como Recurso para la Educación STEAM. En GONZÁLEZ MONTERO DE ESPINOSA, M., BARATAS DÍAZ, A., HERRÁEZ SÁNCHEZ, Á. (eds.) *Experiencias y Estrategias de Innovación Educativa en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (II)*. Madrid, Grupo SM, pp. 170-180.
- [5] PINTO, G. (2017) Antonio de Ulloa and the Discovery of Platinum: An Opportunity to Connect Science and History through a Postage Stamp. *Journal of Chemical Education*, 94, 970-975.
- [6] PINTO, G., MARTÍN, M. (2018) Antonio de Ulloa: Un Patriota y Científico Ilustrado Polifacético, *Revista Con Ciencias*, 22, 24-35.
- [7] PINTO, G. Iniciativas del Ayuntamiento de Madrid para Resaltar la Labor de Andrés Manuel del Río, el Madrileño que Descubrió el Vanadio. *Anales de Química*, 116(1), 38-42.
- [8] PINTO, G. (2021) Del Río, Descubridor del Eritronio, Hoy Vanadio. *Revista Con Ciencias*, 26, 4-25.
- [9] PINTO, G. (2022) El Retablo de la Independencia: Obra de Arte Mexicana donde se Homenajea a Andrés Manuel del Río y Fausto Delhuyar. *Educación en Química*, en prensa.
- [10] PINTO, G., MARTÍN, M., PROLONGO, M. (2020) El Año Internacional de la Tabla Periódica desde la Filatelia: Implicaciones Didácticas y Divulgativas". *Anales de Química*, 116(3), 164-172.
- [11] ROMÁN POLO, P. (2000) *Los hermanos Delhuyar, la Bascongada y el Wolframio*. San Sebastián, Real Sociedad Bascongada de Amigos del País.
- [12] VILAR, J. B. (2015) *Los Hermanos Juan José y Fausto Delhuyar Lubice y el Aislamiento del Wolframio Metal*. Madrid, Estudio Crítico FHL. Accesible en <https://bit.ly/3RMGKFm> [Consultado el 20/07/2022].

DESAPARICIONES FÍSICO-QUÍMICAS EXPLICABLES

Fernando Ignacio Prada Pérez de Azpeitia, Pablo Cassinello Espinosa

División de Enseñanza y Divulgación de la Física de la Real Sociedad Española de Física (DEDF-RSEF).

Dirección de correspondencia: fernando.pradaperez@educa.madrid.org

Palabras clave: física mágica; polarizaciones sorprendentes; birrefringencias curiosas.

Keywords: magical physics; surprising polarizations; curious birefringences.

Resumen

Las experiencias basadas en desapariciones curiosas y misteriosas con fines didácticos está comprobado que aumentan el interés de los estudiantes por el conocimiento. Además de conseguir el asombro del estudiante, le provocan una búsqueda de la explicación científica subyacente. De esta forma, aumenta la implicación y motivación para aprender; y comprender mejor, conceptos y principios fundamentales de la física y de la química. Todas estas demostraciones contribuyen a cambiar la percepción de que estas materias son muy teóricas y poco interesantes.

Abstract

Experiences based on curious and mysterious disappearances for educational purposes have been proven to increase students' interest in knowledge. In addition to astonishing the student, they provoke a search for the underlying scientific explanation. In this way, the involvement and motivation to learn, and better understand, fundamental concepts and principles of physics and chemistry increases. All these demonstrations contribute to changing the perception that these subjects are very theoretical and uninteresting.

OBJETIVOS

1. Mejorar la calidad de la educación en física y química a través de experiencias didácticas estimulantes.
2. Presentar una propuesta al docente que pueda aplicar para dinamizar las clases como complemento a las explicaciones.
3. Estimular la curiosidad y el interés del alumnado por la física y la química.
4. Propiciar el razonamiento y desarrollar el pensamiento científico.
5. Aumentar el número de estudiantes en las opciones científicas.

METODOLOGÍA

Las demostraciones propuestas se basan en una metodología que involucra activamente al alumnado para que haga predicciones frente a un fenómeno físico o químico aparentemente sencillo, pero con final sorprendente, y establezca hipótesis de lo que puede suceder, o de lo que inesperadamente ha sucedido, a partir de sus propios conocimientos [1]. De esta forma desarrollan un interés particular en el resultado final y en su explicación científica, favoreciendo el aprendizaje significativo y la curiosidad científica [2]. Al combinar ciencia con espectáculo y magia, se consigue que el estudiante aplique etapas del método científico de una forma más lúdica y espontánea.

Las etapas básicas de este tipo de demostraciones se resumen en:

- a. Explicar el procedimiento del fenómeno científico que se va a llevar a cabo, creando expectación sobre el resultado final.

- b.** Estimular a los estudiantes a que planteen posibles hipótesis de lo que pueda suceder, utilizando conocimientos previos y de forma razonada.
- c.** Analizar las hipótesis propuestas, rechazando las que no cumplan las leyes fundamentales de la física y la química.
- d.** Realizar la demostración, para sorprender con el final y explicar el fenómeno observado.
- e.** Esclarecer el fundamento científico de la demostración para satisfacer la curiosidad de los alumnos.
- f.** En el caso de que la demostración lleve asociada una parte de magia, se deja a la imaginación de los presentes el truco utilizado, para estimular su imaginación e impedir que alumnos de otros cursos sepan el resultado de antemano cuando se repita la demostración.

Esta metodología de combinar las demostraciones científicas en un atractivo espectáculo didáctico, a veces mezclado con efectos de magia, puede ser aplicada a numerosos experimentos, con la condición de que tengan un final llamativo o imprevisto [3].

Las nueve experiencias que se muestran son susceptibles de realizarse en todos los niveles que incluyan contenidos fundamentales relacionados con procesos físicos y químicos (desde 2º ESO hasta 2º Bachillerato), si bien en diferente grado de profundización.

I. CENTRIFUGACIÓN MISTERIOSA

Una demostración clásica para analizar el efecto de la fuerza centrífuga consiste en girar, rápidamente y mediante una cuerda, un cubo con agua. En este experimento, se combina con un efecto de ilusionismo que la hace más sorprendente.

Procedimiento

Atar una cuerda a un cubo con agua para hacerlo girar rápidamente y que describa una trayectoria circular. Al girar el cubo, el agua no se derrama. Pero ahora, si con la mano se detiene el cubo estando boca abajo, de forma sorprendente, el agua no se derrama, ¿cómo se explica? (Figura 1).

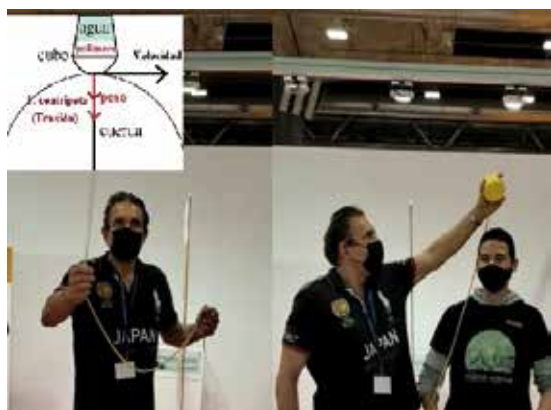


Figura 1. Experiencia presentada en el evento Planeta Ciencia (Aula, 2018. Madrid).

Explicación

La fuerza centrípeta es la responsable de que el agua no se derrame al girar a cierta velocidad el cubo. Es interesante hacer el cálculo de la velocidad mínima de giro, a partir de la igualdad entre los módulos de la fuerza gravitatoria y de la fuerza centrípeta. Al detener el cubo boca abajo, la velocidad se anula, así como la fuerza centrípeta, con lo que el agua debería caer, pero no lo hace. Si bien la primera parte tiene una clara explicación física, la segunda parte tiene un pequeño truco, pero con base científica. El cubo contiene inicialmente una pequeña cantidad de un polímero muy absorbente (poliacrilato de sodio), con gran capacidad de absorción y retención de agua (embebe más de 100 veces su peso) formando en unos segundos un gel. Como resultado, el agua es absorbida por el polímero y aumenta mucho de volumen. Al expandirse, el gel queda comprimido contra las paredes del cubo, lo que explica que el agua no caiga.

Esta actividad permite reflexionar sobre la dinámica del movimiento circular; los efectos de la fuerza centrípeta, la formación de coloides y las aplicaciones de los polímeros absorbentes (pañales, compresas, nieve artificial, etc.).

2. EL AGUA INGRÁVIDA

Otra demostración clásica, que se complementa con un efecto mágico extra, consiste en llenar de agua la *vasija misteriosa* y colocar una tarjeta de plástico sobre ella. El doble efecto inesperado que se produce, al dar la vuelta a la vasija y al quitar la tarjeta de plástico, propicia el uso de la imaginación científica para establecer hipótesis que expliquen la ilógica de lo observado.

Procedimiento

Llenar de agua la vasija hasta el borde (**figura 2a**) Colocar una tarjeta de plástico sobre la vasija, sin que quede aire. Dar la vuelta a la vasija. ¿Qué sucede? (**figura 2b**). A continuación, retirar la tarjeta de la vasija boca abajo; ¿cómo es posible que el agua no se derrame en ninguno de los dos casos? (**Figura 2c**).

Explicación

Al colocar la tarjeta sobre la vasija con agua y darle la vuelta, el hecho de que el agua no caiga se explica por el efecto combinado de la tensión superficial del agua (fuerzas de cohesión entre sus moléculas) y la actuación de la presión atmosférica sobre la tarjeta. Pero al quitar la tarjeta, el agua debería derramarse. No es posible que al quitar la tarjeta colocada sobre la vasija la presión contrarreste el efecto del peso del agua. La explicación radica en un pequeño truco: la vasija contiene dentro un disco que al dar la vuelta cae y cierra la vasija. Al quitar la tarjeta, el disco bloquea la vasija contrarrestando el peso del agua.

Esta demostración permite poner en acción etapas del método científico (observación, hipótesis) y reflexionar sobre conceptos relacionados con las fuerzas y la presión.

3. LA VASIJA DE LA INDIA

Uno de los principios fundamentales de la ciencia es la ley de conservación de la materia. En esta demostración, parece que aparentemente este principio no se cumple, lo que propicia una indagación para poder explicarlo.

Procedimiento

Llenar con agua la *vasija de la India* (**figura 3a**) Inclinarla totalmente para echar toda el agua en un recipiente. Volverla a poner en su posición inicial. Al cabo de unos segundos, preguntar ¿cómo está la vasija, llena o vacía? Ante el asombro de todos, al dar la vuelta a la vasija, el agua sigue fluyendo del interior; ¿cómo se puede explicar?



Figura 2. (a) y (b) Efecto científico clásico. (c) Efecto mágico realizado en la XXII Ciencia en Acción (Granada, Atarfe, 2021).

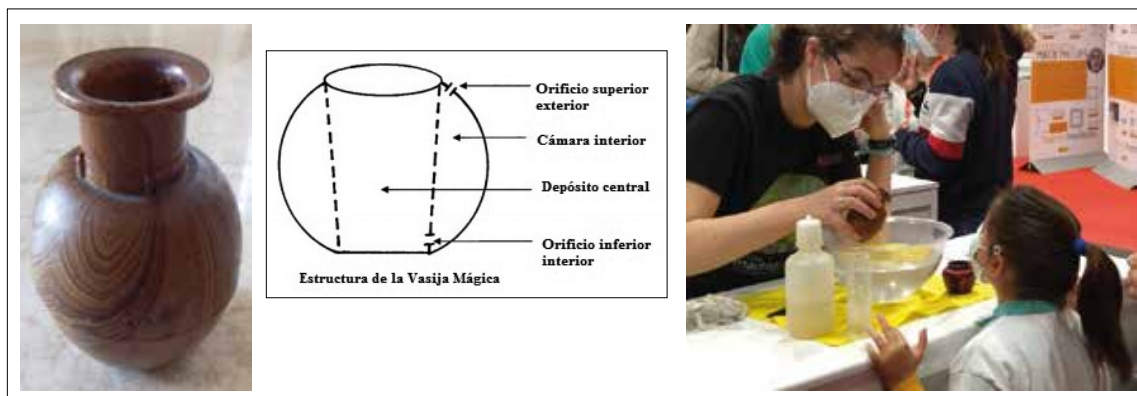


Figura 3. (a) y (b) Vasija mágica y estructura interna. (c) Demostración en el stand del IES Las Lagunas, XI Feria Madrid es Ciencia (Madrid, 2022).

Explicación

La *vasija de la India* tiene truco, contiene dos depósitos: un cilindro central, que contiene el agua que cae, y otro lateral, que rellena al cilindro por un agujero como si fuesen vasos comunicantes (figura 3b). Al girar la vasija, cae el agua contenida en el depósito central, quedando más agua en la cámara interior; que no cae si se tapa con un dedo el orificio exterior de la vasija, debido a la presión atmosférica (figura 3c). No es posible crear moléculas de agua de la nada.

Esta demostración permite reflexionar sobre la ley de conservación de la materia y de la imposibilidad de que se creen sustancias a partir de la nada, como suele suceder habitualmente en los trucos de magia.

4. EL PAPEL QUE SE ESFUMA

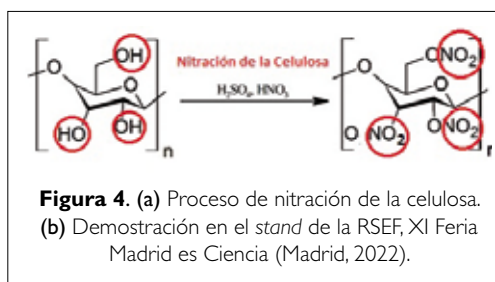
Una demostración que siempre asombra, relacionada con la aparente desaparición de la materia de una forma asombrosa, consiste en utilizar la reacción de combustión de la nitrocelulosa, una sustancia química obtenida a partir de la celulosa de algodón y ácido nítrico (figura 4a).

Procedimiento

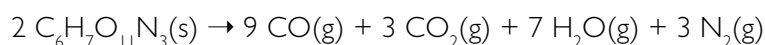
Colocar sobre la mano una pequeña bolita de algodón de nitrocelulosa (algodón pólvora). Acercar la llama de un mechero. El algodón pólvora arde de forma deslumbrante, sin dejar residuo alguno aparentemente; ¿es un truco? (Figura 4b).

Explicación

Las fibras del algodón son la forma natural de la celulosa y contienen más del 90% de pureza. Al mezclar con ácido nítrico se obtiene trinitrocelulosa, un combustible que arde fulgurantemente, y explosivamente si se realiza en un recipiente cerrado, debido a la elevada presión que ejercen los gases generados a alta temperatura.



La nitrocelulosa se sintetiza al sustituir los grupos hidroxilo (-OH) de la celulosa por grupos nitroéster (-O-NO₂). Al arder el compuesto no deja residuo sólido, solo se desprenden gases, dando la sensación de que la materia se esfuma y desaparece, pero no se contradice la ley de conservación de la masa ni es un truco. La combustión de la nitrocelulosa no necesita del aporte del oxígeno atmosférico, como se indica en la siguiente ecuación general:



Esta demostración se puede complementar con otra relacionada con la solubilidad. La celulosa normal es la materia prima del papel y fibras naturales. Su estructura compacta (fibrosa) en la que se establecen múltiples enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, la hace impenetrable al agua, lo que explica su insolubilidad.

Procedimiento. Se introduce una pequeña hoja de papel en un cuenco y se cubre con agua. Después de trasvasar el agua de un cuenco a otro varias veces, el papel ha desaparecido. ¿Es posible o hay algún truco?

Explicación. El papel utilizado en esta demostración se denomina papel soluble, formado por carboximetilcelulosa, una sustancia que es higroscópica, hidrofílica y soluble en agua, dando la sensación que el papel desaparece al mezclarse con agua. Este compuesto se forma al introducir en la molécula de celulosa grupos carboximetilo y enlazarse a grupos hidroxilo. Su solubilidad se explica por la formación de puentes de hidrógeno con el agua, solubilidad que se ve favorecida en agua tibia o caliente.

5. VISTO Y NO VISTO

La aparente desaparición de la materia también se puede basar en un fenómeno óptico relacionado con el índice de refracción de las sustancias.

Procedimiento

Llenar de bolas de gel de polímero una copa grande. Introducir dos canicas negras entre las bolas transparentes (**figura 5a**). Añadir agua hasta el borde de la copa. ¿Qué ha sucedido con las bolas de hidrogel? (**Figura 5b**).

Explicación

Nuestra vista se puede considerar un buen instrumento óptico pero con ciertas limitaciones. No siempre puede captar correctamente la realidad. Aunque no las veamos, las bolas de hidrogel se encuentran dentro de la copa. Al llenarla de agua, las bolas desaparecen a la vista porque tienen el mismo índice de refracción que el agua, y la luz no se desvía de su trayectoria.

Esta demostración se puede complementar llenando un vaso grande con aceite o glicerina e introduciendo un tubo de ensayo de cristal o un vaso pequeño. Al igual que sucede con las bolas de hidrogel, el vidrio no se puede detectar. La explicación es la misma, tienen el mismo índice de refracción.

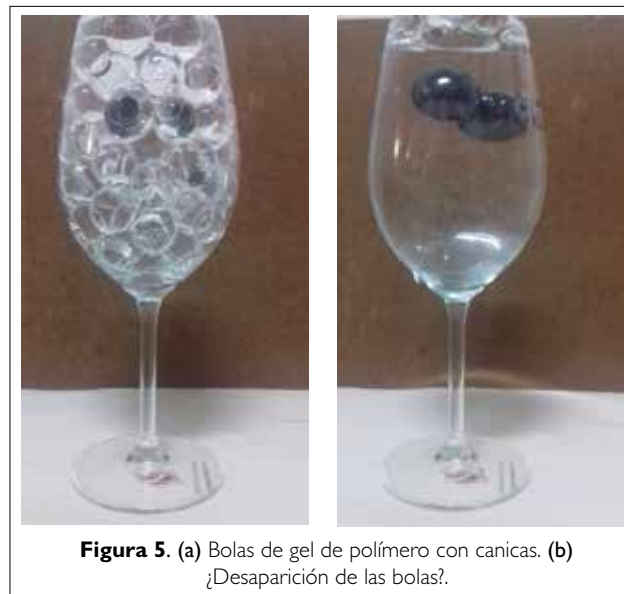


Figura 5. (a) Bolas de gel de polímero con canicas. (b) ¿Desaparición de las bolas?.

6. Y SE HIZO LA OSCURIDAD

Se consigue la desaparición asombrosa de lo que se ve en el monitor, mediante el oscurecimiento de las imágenes gracias a un fenómeno óptico: la polarización.

Procedimiento

Se presenta una bella imagen en el ordenador. Se interponen unas gafas 3D dándoles la vuelta hacia el monitor. Se va girando uno de los plásticos de la gafa hasta que la imagen desaparece.

Explicación

Una onda de luz está linealmente polarizada si la oscilación de su campo eléctrico sólo tiene una determinada dirección. En el caso de esta pantalla, la luz emergente oscila formando 45° respecto de la vertical (**figura 6a**). Las gafas interpuestas actúan como polarizador lineal dejando pasar la luz cuya oscilación tiene una determinada dirección (**figura 6b**). Cuando ésta es perpendicular respecto a la luz que sale de la pantalla (polarizador cruzado) la pantalla se ve oscura (**figura 6c**).



Figura 6. (a) La luz de la pantalla está linealmente polarizada (45°) (6) Si se interpone un polarizador (gafas 3D) se ve la luz que emite la pantalla. (6) Si se coloca el polarizador cruzado, no se ve.

7. PAISAJES ARTÍSTICOS CON CELOS

Los celos son transparentes pero ofrecen atractivas formas con vivos colores gracias al fenómeno de birrefringencia.

Procedimiento

Se coloca una lámina transparente llena de celos delante de un monitor cualquiera. Lógicamente no se ve nada (**figura 7a**), pero al interponerse un polarizador se observan llamativos colores. Pueden prepararse disposiciones de celos para conseguir una bella creación artística, como la que se muestra. Cualquiera que se ponga unas gafas típicas de 3D va a ver un hermoso paisaje de vivos colores. No sólo eso: con el ojo derecho verá el paisaje en pleno día, pero con el otro ojo verá el mismo paisaje al atardecer.

Explicación

El celo presenta birrefringencia: tiene dos índices de refracción. La luz que lo atraviesa cuyo campo eléctrico oscila a lo largo tiene una velocidad menor que la que lo hace a lo ancho. Así que cualquier rayo que pase por el celo va a tener dos componentes a distinta velocidad. Colocando un polarizador se puede ver una interferencia constructiva de esas dos componentes para un color (una longitud de onda) determinado dependiendo del espesor del celo. El resultado en el ejemplo es un paisaje [4] de día con el polarizador derecho de unas gafas 3D (**figura 7b**), y el paisaje al atardecer con el izquierdo (**figura 7c**).



Figura 7. (a) Paisaje con celos sin gafas. (b) El mismo paisaje visto con la lente derecha de las gafas 3D. (c) Visión con la lente izquierda.

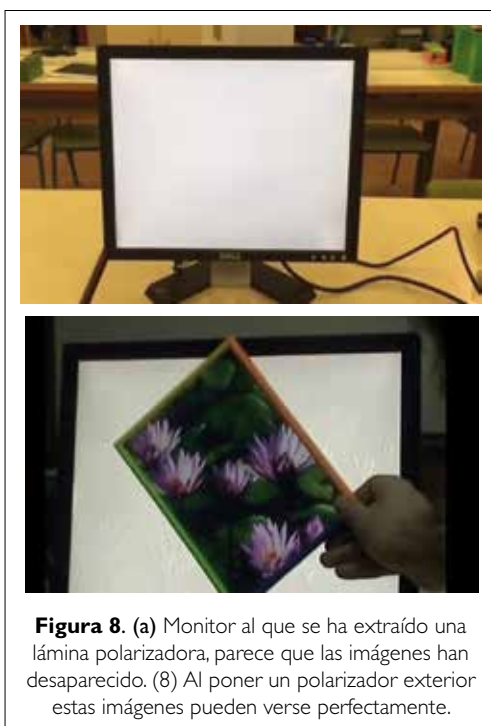


Figura 8. (a) Monitor al que se ha extraído una lámina polarizadora, parece que las imágenes han desaparecido. (b) Al poner un polarizador exterior estas imágenes pueden verse perfectamente.

8. LA IMAGEN INVISIBLE

En esta experiencia se consigue ver las imágenes y vídeos de un monitor del que parece que han desaparecido gracias al fenómeno de la birrefringencia de las pantallas de ordenador:

Procedimiento

Se quita la lámina (polarizador) exterior de un monitor con un cúter. Dejan de verse las imágenes. La pantalla del monitor aparece blanca (**figura 8a**). Al poner delante un polarizador lineal a cualquier distancia aparecen las imágenes (**figura 8b**) que pueden ser incluso las de una película. Cuando se retira este polarizador exterior las imágenes desaparecen [5].

Explicación

La birrefringencia es el fundamento del funcionamiento de las pantallas LCD de muchos dispositivos electrónicos [6]. Mediante un cambio de tensión eléctrica se cambian las características ópticas de la birrefringencia del cristal líquido interior. Así se consiguen cambiar los colores de los píxeles para obtener distintas imágenes. Además del material de cristal líquido interior los dispositivos necesitan que este material esté entre dos

polarizadores. Si se quita uno de ellos no se ven las imágenes, pero con un polarizador exterior es posible verlas y comprobar la birrefringencia.

9. LA VARITA MÁGICA QUE CAMBIA LOS COLORES

Este experimento se basa en el cambio espectacular de color de un indicador cuando se altera el pH de una disolución.

Procedimiento

Se preparan dos matraces con disoluciones diluidas (0,1 molar), una ácida y otra básica. En medio se coloca un vaso de precipitados con agua destilada hasta la mitad y se añaden unas gotas de azul de bromotimol, obteniéndose color verde (**figura 9a**). A continuación un voluntario coge una varilla de vidrio que sumerge en la disolución ácida y seguidamente la introduce en el vaso con agua verde: este color desaparece y adquiere color amarillo (**figura 9b**). Después se introduce la varilla en la disolución básica y a continuación en el vaso con agua: desaparece el amarillo y se ve color azul (**figura 9c**). Este proceso puede repetirse un gran número de veces.

Explicación

Cuando se sumerge la varilla en la disolución ácida o básica, una o dos gotas quedan adheridas a la varilla y son suficientes para cambiar el pH del agua del vaso. El azul de bromotimol es muy sensible a estos cambios, por lo que vemos los dos colores descritos.

También es posible utilizar otro indicador sensible a estos cambios de pH, como el rojo fenol. En este caso los colores que aparecen son: amarillo (en medio ácido) y rojo (en medio básico).

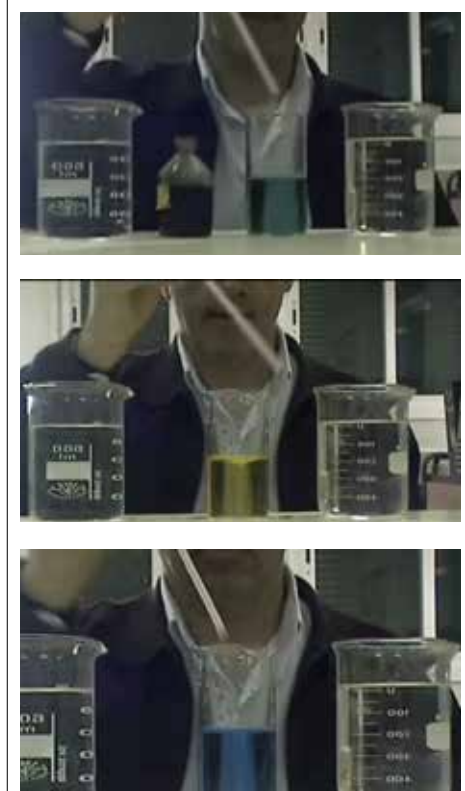


Figura 9. (a) Agua con gotas de azul de bromotimol. (b) Cambio de color de verde a amarillo. (c) Cambio de color de amarillo a azul.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Índices de evaluación que indican la consecución de los objetivos propuestos:

1. Interés mostrado durante las demostraciones.
2. Participación activa y elaboración de hipótesis.
3. Formulación de preguntas y cuestiones.
4. Satisfacción y disposición por querer aprender.

CONCLUSIONES

La estrategia de complementar la didáctica de la física y química con experiencias que se mueven entre los límites de lo real y la ilusión es aplicable a muchos otros ejemplos. Como resultado, tanto alumnos como docentes consiguen disfrutar con la ciencia, actuando como catalizador de la motivación por aprender y enseñar, favoreciendo el desarrollo del pensamiento científico y del espíritu crítico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BAGNOLI, F., GUARINO, A., PACINI, G. (2019) Teaching physics by magic. *Phys. Educ.* 54, 015025. doi:10.1088/1361-6552/aaed62
- [2] FEATONBY, D. (2010) Magic physics? *Phys. Educ.* 45, 24. doi:10.1088/0031-9120/45/1/001

- [3]** LASRY, N., CHRISTIN, P.-O. (2006) Physics Magic. [En línea], disponible en <https://arxiv.org/ftp/physics/papers/0606/0606151.pdf> [Consultado el 14/02/2022]. doi:10.48550/arXiv.physics/0606151
- [4]** VALDÉS, D., CASSINELLO, P. (2019) Experiencias para la enseñanza de la óptica. *Ciencia y Educación* 8, 3-5.
- [5]** CASSINELLO, P. (2021) Experiencias espectaculares de birrefringencia. [En línea], disponible en <https://youtu.be/1UKTyvdjDH0> [Consultado el 07/09/2022].
- [6]** MORENO SORIANO, I. (2015) Polarización de la luz. En *Ciencia con luz propia. Aplicaciones tecnológicas de la luz*. FECYT, pp. 70-83.

MOTIVAR CON ALGO VISIBLE EL CONOCIMIENTO DE LO INVISIBLE: LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS. EJEMPLOS DE GRANDES APLICACIONES PRÁCTICAS: EFECTO BRANLY, EL PRIMER MANDO A DISTANCIA Y LOS FILTROS DE AIRE ELECTROSTÁTICOS DE LA M-30

Julio Ramiro Bargeño

Grupo de innovación docente en tutorización al alumnado y nuevas metodologías TIC (GID-TUTOR-TIC) E.T.S. Ingeniería de Telecomunicación, Universidad Rey Juan Carlos.

Dirección de correspondencia: julio.ramiro@urjc.es

Palabras clave: campos electromagnéticos; efecto Branly; polarización; M30.

Keywords: electromagnetic fields; Branly effect; polarization; M30.

Resumen

En la docencia, tanto preuniversitaria como universitaria, y especialmente en las áreas de la física y la ingeniería, uno de los grandes retos se encuentra en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los conceptos y fenómenos “invisibles” a la percepción visual.

Un claro ejemplo supone la comprensión de los campos electromagnéticos, su teoría y sus sorprendentes efectos. En este artículo se presentan dos experiencias de laboratorio y simulación que, a través del efecto Branly y de la ingeniería de filtros electrostáticos de los túneles de la M30, son de una gran ayuda en el mencionado proceso de enseñanza y aprendizaje de estas áreas.

Abstract

One of the great challenges in the teaching-learning process of “invisible” to visual perception concepts and phenomena is found when teaching to pre-university and university students, especially in the areas of physics and engineering.

A clear example lies in the understanding of electromagnetic fields, their theory and their surprising effects. This article presents two laboratory and simulation experiences that, through the Branly effect and the engineering of electrostatic filters in the M30 tunnels, are of great help in the aforementioned teaching-learning process in these areas.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos en el proceso de enseñanza y aprendizaje es hacer llegar a la comprensión del alumno conceptos, contenidos, experiencias de ciencia cuando estas no son visibles, no se pueden palpar, o no se pueden percibir por los sentidos. Este es el caso de los campos electromagnéticos (EM).

En el conocimiento de un ingeniero de telecomunicaciones los campos EM son uno de los grandes fundamentos de todo su núcleo de aprendizaje y la base de los procesos de comunicación (razón primitiva de ser de este tipo de ingenieros) [1]. De hecho, estas asignaturas se encuentran en el plan de estudios

de la titulación, en el primer o segundo curso y forman parte de la "formación obligatoria". Esta asignatura, además, abre las puertas a otras determinantes para la formación de un ingeniero de telecomunicaciones. Estas son: "Radiación y Propagación", íntimamente relacionada con las tan protagonistas "Antenas" o la asignatura de "Microondas", base de la alta frecuencia, y con las características tan especiales que este tipo de ondas EM poseen y que las hacen protagonistas de una gran fuente de aplicaciones tecnológicas entre las que se encuentra la actual e insustituible telefonía móvil.

Todo esto hace que la comprensión de esta asignatura o esta disciplina de la física sea crítica en el comienzo de la formación de un futuro ingeniero, y que no se convierta en un muro insalvable que termine generando un número no despreciable de asignaturas incomprendidas. Este fenómeno ha generado, no en pocas ocasiones, sentimientos de frustración y de abandono de la titulación desde los comienzos de esta Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación (ETSIT) en la Universidad Rey Juan Carlos (URJC).

Es por ello que considero que un buen trabajo de innovación en esta disciplina conllevará una reducción del fracaso académico, con una práctica anulación del sentimiento de abandono de la carrera que experimentan numerosos alumnos.

OBJETIVO Y METODOLOGÍA

El objetivo del presente artículo es la presentación de técnicas experimentales que permiten abordar y entender el "invisible" mundo de los campos electromagnéticos, de su generación, de su propagación y de sus efectos.

Se presentará el experimento del físico francés Edouard Branly (finales del siglo XIX, 1891) crítico para la comprensión de la generación de los campos EM y del comienzo de las comunicaciones inalámbricas con la invención del primer mando a distancia de la historia. Se reproducirá el impactante efecto de dicho experimento con unos sencillos elementos (pila, cables, diodo LED, generador de chispas...) [2,3].

Esto permitirá entender bien el innovador trabajo de James Clerk Maxwell (1861), considerado como el precursor de la teoría del electromagnetismo y su relación con las ondas electromagnéticas a través de las conocidas "ecuaciones de Maxwell" [4,5].

De igual forma se utilizará otro de los desarrollos tecnológicos que en la ciudad de Madrid generó mucho impacto, que fue la creación de los túneles de la conocida autopista de circunvalación madrileña M30 (2004-2007). En dichos túneles, la implantación de filtros electrostáticos de limpieza de la polución generada en los mismos recibió numerosos premios en el ámbito de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) y es una aplicación directa de uno de los efectos de los campos electrostáticos más espectaculares: la polarización [6].

A través de una aplicación informática GID donde se cargaron las ecuaciones de Maxwell es posible visualizar el funcionamiento de limpieza de estos filtros electrostáticos que funcionan con el simple mecanismo físico de la polarización [7,8].

Esta nueva aplicación, muy visual y de gran sencillez y comodidad debido a la simulación informática, permite fácilmente la comprensión del fenómeno de la polarización. Este fenómeno que posteriormente J.C. Maxwell encontró decisivo a la hora de incorporar en sus ecuaciones el vector "desplazamiento eléctrico": \vec{D} sin el cual no hubiera sido posible de forma matemática la deducción de las ondas electromagnéticas, que serían el mecanismo de propagación de las perturbaciones electromagnéticas uniendo así ambos campos, en un espectacular espectro de aplicaciones tecnológicas.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Uno de los grandes avances en el campo del electromagnetismo, que condujo finalmente al inicio de las comunicaciones, entre ellas las inalámbricas, fue la determinante aportación de J.C. Maxwell a mediados-finales del siglo XIX. Mediante la misma, se llegó a la conclusión de que las perturbaciones generadas por los campos electromagnéticos variables en el tiempo se propagaban en forma de ondas electromagnéticas.

Como quiera que las ondas electromagnéticas en la mayoría de su espectro son invisibles a los ojos humanos, este es un fenómeno difícil de creer salvo por su justificación matemática.

El proceso histórico de estos hallazgos durante un siglo XIX lleno de espectaculares científicos trabajando en estos temas, sigue la siguiente cronología:

- El danés Hans Christian Ørsted descubrió el 21 de julio de 1820 cómo una cometa eléctrica podía influir sobre una aguja magnética.
- Michael Faraday (1791-1867) experimentalmente encontró que los campos magnéticos variables en el tiempo generan una fuerza electromotriz (voltaje)
- James Clerk Maxwell (1831-1879) recoge los experimentos de Faraday y les proporciona formalismo matemático. Relación entre campos eléctricos y magnéticos. Principios del electromagnetismo. Ondas EM. Luz.
- Helmholtz establece la posibilidad de producir ondas electromagnéticas que se propagasen a distancia, tal como los cálculos de Maxwell proponían.
- Rudolph Hertz (1857-1894) idea un sencillo aro metálico abierto terminado en dos puntas metálicas muy próximas, al que dio el nombre de "resonador". Con ello conseguía generar oscilaciones en otro circuito eléctrico, de la misma frecuencia de vibración produciendo chispas entre los extremos del aro del alambre en el mismo instante en que el oscilador producía las suyas. Sólo podía funcionar a muy corta distancia del aparato que las producía.
- Branly, físico francés, inventó en 1891 el aparato llamado "cohesor", más sensible que el resonador de Hertz (consiguió mayores alcances).
- Popov añadió al sistema receptor un hilo metálico extendido en sentido vertical, para que, al elevarse en la atmósfera, pudiese captar mejor las oscilaciones eléctricas. Puede decirse que hablamos de la primera antena.
- En 1895 Marconi realizó experimentos definitivos. El 12 de diciembre de 1901, Marconi y sus dos compañeros, instalados en la cabina receptora de las costas de Terranova, oyeron perfectamente las señales radiotelegráficas del operador de la estación emisora de Poldhu, en Cornwall a 3555 km de distancia.

La teoría de las comunicaciones (inalámbricas) implica el punto de partida de las ecuaciones de Maxwell.

J.C. Maxwell, como ya se ha mencionado, recopila la experimentación de sus colegas de la época, especialmente de M. Faraday y en la explicación de un fenómeno, tan común hoy en día como es el funcionamiento de un condensador, retrata en formalismo matemático la recopilación de todo el electromagnetismo.

La belleza y simplicidad de sus ecuaciones (**figura 1**) generan un cierto engaño, pues el complejo lenguaje de cálculo vectorial que contienen no es fácil de interpretar debido al denso significado físico que conllevan. Estas expresiones que tienen también unos formatos paralelos, integral y fasorial, son el comienzo de las comunicaciones inalámbricas.

De hecho, el término acuñado por Maxwell y denominado corriente de desplazamiento (\vec{D}) es crítico y fundamental en sus ecuaciones para que, con algo de matemática, estas ecuaciones nos lleven a la ecuación de ondas (**figura 2**).

Figura 1 muestra las ecuaciones de Maxwell en un formato paralelo:

- $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ Lenz-Faraday
- $\nabla \cdot \vec{D} = \rho_l$ Gauss
- $\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ Ampere-Maxwell
- $\nabla \cdot \vec{B} = 0$ ¿Monopolos magnéticos?

Además, se incluye un recuadro con el principio de conservación de carga: $\nabla \cdot \vec{j} = -\frac{\partial \rho_l}{\partial t}$.

Figura 1. Ecuaciones de Maxwell. (Elaboración propia).

Figura 2 muestra el proceso de deducción de la ecuación de ondas:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \nabla \times \vec{H} = \nabla \times \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right)$$

$$\nabla \times \nabla \times \vec{H} = \sigma (\nabla \times \vec{E}) + \varepsilon (\nabla \times \frac{\partial \vec{E}}{\partial t})$$

$$\nabla \times \nabla \times \vec{H} = -\sigma \mu \frac{\partial H}{\partial t} - \varepsilon \mu \frac{\partial^2 H}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \vec{H} - \sigma \mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} - \varepsilon \mu \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

¡Ecuación de Ondas!

Se incluyen también los siguientes recuadros de apoyo:

- Teniendo en cuenta que: $D = \varepsilon E$ $j = \sigma E$
- $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
- $\vec{B} = \mu \vec{H}$

Figura 2. Ecuación de ondas deducida de las ecuaciones de Maxwell. (Elaboración propia)

Esta conclusión es de un impacto total, pues significa que los campos EM generados por perturbaciones electromagnéticas en el tiempo se propagan en forma de ondas electromagnéticas, en un espectro con aplicaciones espectaculares, donde de forma específica la luz es una de estas ondas EM en su zona del espectro visible (**figura 3**).

A través del siguiente experimento, reproducción del del E. Branly, puede verse de forma muy sencilla esta matemática compleja, y cómo estas perturbaciones electromagnéticas se desplazan en el espacio siendo capaces de activar dispositivos electrónicos. Es el primer mando a distancia de la historia.

EXPERIMENTAL

Disponemos de los siguientes elementos (**figura 4**):

- Tres cables
- Una pila de 9V
- Un diodo LED
- Un generador “piezoeléctrico” de chispas
- Un “cohesor de Branly”: cilindro relleno de virutas de cobre con dos tornillos en los extremos que sirven de contacto.

Que conectaremos de la forma en que se detalla en la **figura 5**.

Tal y como está todo conectado, corresponde a un circuito eléctrico pero con una resistencia tan elevada debida a las imperfecciones del “cohesor” que no es capaz por sí solo de que el LED se ilumine y por tanto estamos en un circuito “abierto”.

Sin embargo, si generamos con el “mando piezoeléctrico” una serie de “chispas”, a distancia, pero cerca del cohesor; observaremos cómo el diodo LED se ilumina (**figura 6**). Hemos conseguido con ello cerrar el circuito y por ende activar un dispositivo electrónico “a distancia” mediante la generación de ondas EM producidas por las

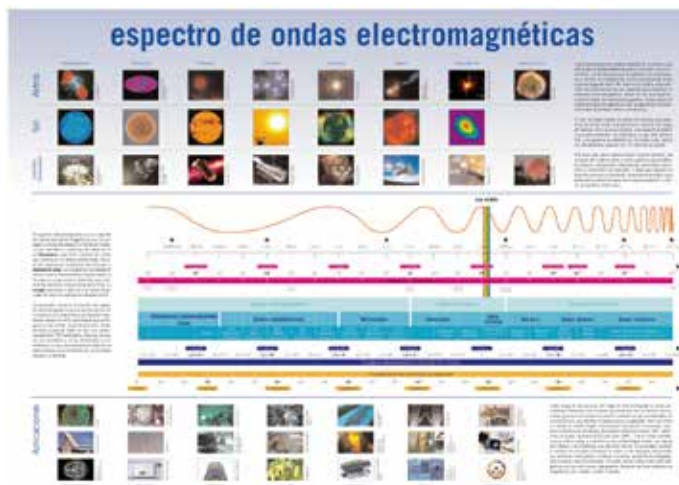


Figura 3. Espectro electromagnético. Centro de documentación del Consejo de Seguridad Nuclear (2012).

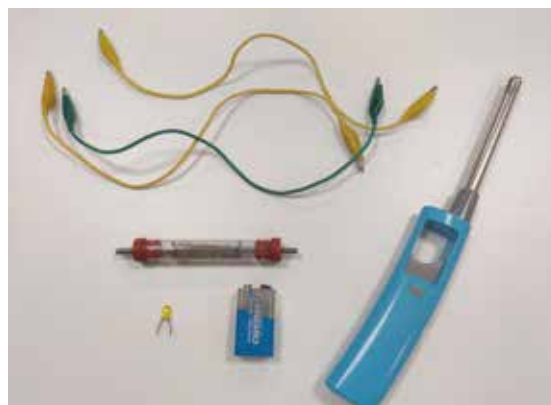


Figura 4. Elementos para el experimento de Branly. (Imagen propia).

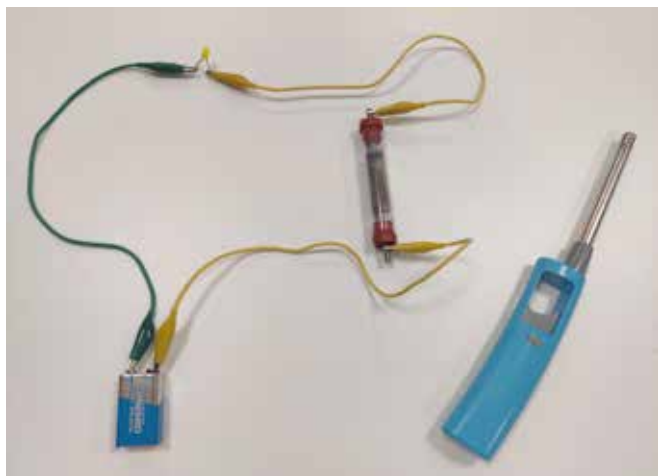


Figura 5. Elementos conectados para el experimento de Branly. (Imagen propia).

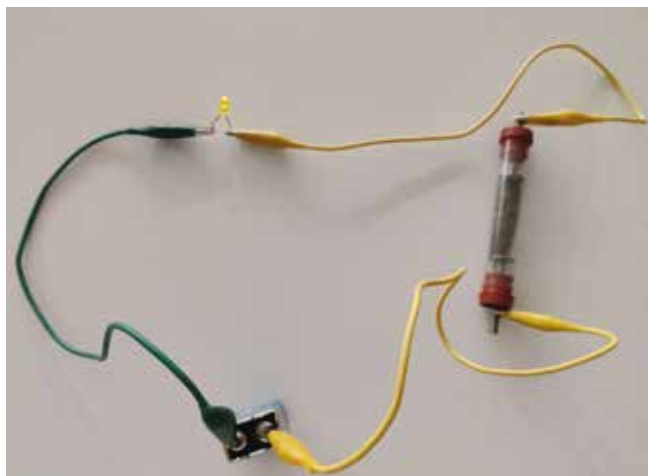


Figura 6. Circuito con el LED iluminado. Circuito activado y cerrado. (Imagen propia).

perturbaciones eléctricas, en forma de chispas, del piezoeléctrico. Queda con ello demostrada, de una manera muy visual y simple, la propagación de los campos EM en forma de ondas EM, que la matemática antes descrita predice de forma compleja y poco intuitiva.

La explicación de este experimento de Branly, a través de la idea de pequeñas microfusiones del material conductor del cohesor, no llegó sin embargo hasta avanzado el siglo XX [2].

En la simulación informática mediante el programa GID [8] se comprueba cómo el efecto de la polarización electrostática tiene aplicaciones críticas en el ámbito de la arquitectura urbanística y las infraestructuras de una gran ciudad. Se presenta el ejemplo de funcionamiento de los filtros de aire de los túneles de la M30 basados en la electrostática y los fenómenos de polarización.

Para ello se simula el comportamiento de dos partículas “de contaminación” situadas entre las placas del filtro electrostático que se ha cargado entre sus extremos a un cierto potencial. El campo eléctrico generado entre dichas placas genera en las partículas en suspensión una carga de polarización de signos contrarios entre la parte superior e inferior de la partícula (figura 7).

Estas cargas de polarización generan entre las partículas en suspensión, campos eléctricos que son de atracción y tienden a unir las partículas. La unión de las partículas, en principio en suspensión, tiende a generar grupos pesados de las mismas que precipitan por efecto de la gravedad hasta la base del filtro dejando libres de contaminación el volumen del filtro.

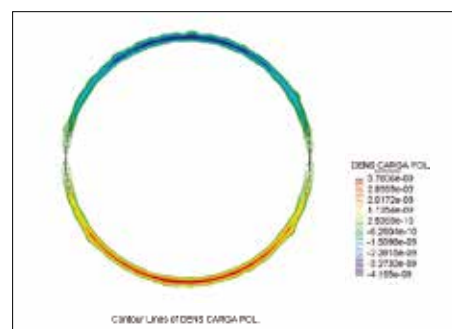


Figura 7. Cargas de polarización en las zonas superior e inferior de las partículas. (Imagen propia).

CONCLUSIONES

Como se ha mencionado a lo largo del artículo, la docencia de “lo invisible” especialmente cuando conlleva importantes dosis de física y matemáticas es un reto claro en la docencia de las ciencias e ingenierías.

En este artículo, se ha concretado este reto en la explicación de los campos electromagnéticos más allá de las ecuaciones que desarrollara en el s.XIX J.C. Maxwell. Para ello se ha hecho uso del experimento de E. Branly en 1891.

Es mediante el efecto Branly, un experimento que puede realizarse de forma sencilla en el aula, como puede “visualizarse” que las perturbaciones eléctricas y magnéticas viajando por el espacio sin necesidad de medio alguno activan dispositivos electrónicos a distancia. Es el inicio de los mandos “a distancia” y de las comunicaciones inalámbricas.

Así mismo se ha hecho mención a una aplicación en el ámbito urbano-arquitectónico referente a los túneles de la autopista de circunvalación M30 de clara implementación de los campos electrostáticos en el funcionamiento de los filtros del sistema de limpieza del aire interior. Para ello se ha empleado un sistema de simulación mediante el programa GID y la implementación en el mismo de las ecuaciones del electromagnetismo de Maxwell. De esta forma también se ha estudiado el importante fenómeno de la polarización en dieléctricos generado por los campos eléctricos a través de una aplicación tecnológica muy conocida en la ciudad de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CHENG, D.K. (1998) *Fundamentos de electromagnetismo para ingenieros*. Ed. Pearson-Addison Wesley Longman.
- [2] FALCON, E., CASTAING, B. (2005) Electrical conductivity in granular media and Branly’s coheres: a simple experiment. *American Journal of Physics* 73, 302-307.
- [3] FALCON, E., CASTAING, B. (2010) El efecto Branly. *Investigación y Ciencia* 5, 80-86.

- [4] MAXWELL, J. C. (1861) On physical lines of force. *Philosophical Magazine* 90, 11–23. doi:10.1080/14786431003659180
- [5] MAXWELL, J. C. (1865) A dynamical theory of the electromagnetic field. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 155, 459–512. doi:10.1098/rstl.1865.0008
- [6] DÍAZ MORÁN, J.C. (2008) La experiencia del sistema de filtrado en los túneles de Madrid Calle 30. Ponencia. JT-ITRA. Planificación sostenible de las infraestructuras de transporte. *Congreso Nacional del Medio Ambiente Cumbre del Desarrollo Sostenible. 1-5 diciembre 2008. Madrid.*
- [7] GONZÁLEZ, L.M., RAMIRO BARGUEÑO, J. (2008) *Manual para la resolución de problemas de electromagnetismo clásico mediante métodos numéricos.* Madrid, Ed. Dykinson
- [8] GiD Simulation. [En línea], disponible en <https://www.gidsimulation.com>

FÍSICA Y NEUROCIENCIA: MEJORANDO LA CAPACIDAD DE RAZONAMIENTO Y LAS MOTIVACIONES EN EL AULA

Héctor Reyes Martín

Coordinador del Departamento de Física y Química en el Colegio Internacional J. H. Newman.

Dirección de correspondencia: hreyes@colegionewman.org

Palabras clave: neurociencia; aprendizaje de la física; enseñanza de la física; motivaciones.

Keywords: neuroscience; learning physics; teaching physics; motivations.

Resumen

Estudiar física se suele considerar una tarea difícil, llena de prejuicios e ideas preconcebidas. Al comprender los procesos cerebrales que llevan a la adquisición de nuevo conocimiento es posible implantar metodologías que permitan una mejor enseñanza y aprendizaje de la asignatura.

Este estudio pretende dar una explicación del porqué de esta dificultad desde un punto de vista neurológico, lo que permite establecer líneas de actuación metodológicas para enseñar de modo más eficiente esta asignatura. Para ello se aplica un método basado en el cerebro (*Brain Based Teaching Approach*, BBTA) y la mayéutica.

Abstract

Learning physics is usually considered a difficult task, with misconceptions and preconceptions. Understanding the brain process of learning makes it possible to develop new methodologies in order to improve the learning and teaching processes.

The present study pretends to show an explanation from a neural point of view. It would establish new methodological lines of teaching the subject more efficiently. A Brain Based Teaching Approach (BBTA) and maieutics will be used.

INTRODUCCIÓN

Un informe en 2018 de la Real Sociedad Española de Física [1] indica que la enseñanza de la física presenta ciertas dificultades, por la amplitud de temarios, por la necesidad de realizar más experiencias de laboratorio y por la necesidad de actualización del profesorado en términos de estrategias en el aula. El número de mujeres que cursan Ciencias Físicas sigue descendiendo. Año tras año, los informes PISA indican que hay mucho contenido y poca transferencia. Se requiere de una forma más holística de enseñar [2].

En 2007 se analizaron varios formatos para impartir clases: la clase magistral, la clase individual con tutorial, la clase cooperativa y la clase cooperativa con soporte mayéutico por parte del profesor [3]. El último modelo mencionado ofrecía mejores aprendizajes, contenidos mejor fijados en los alumnos.

EL CEREBRO Y EL APRENDIZAJE

A vista de pájaro, y muy superficialmente, parece que cada hemisferio cerebral tiene características propias. El hemisferio izquierdo se encarga del lenguaje, del procesamiento de la información, del control emocional, de la gestión de datos, de las matemáticas, de clasificar, de analizar, de organizar, del pensamiento lógico y del pensamiento convergente. El derecho es más holístico, se encarga de la memoria visual, de la expresión de las emociones, de la improvisación, de la intuición, del reconocimiento de modelos, de la relación entre conceptos y del pensamiento divergente.

Atendiendo al dimorfismo sexual, no se observan diferencias anatómicas entre ambos sexos, pero sí algunas fisiológicas [4,5]. En esencia hacemos las mismas cosas, pero no empleamos necesariamente las mismas estructuras (tenemos conectomas distintos). Pero obtenemos los mismos resultados en tareas cognitivas.

Las diferencias pueden tener implicaciones en el aula, puesto que la diferencia de maduración entre mujeres y hombres la observamos de modo muy patente en nuestras clases; las mujeres son generalmente más maduras (van unos 18 meses por delante en la adolescencia) y responsables que los hombres, por lo que deberían partir con cierta ventaja en la adquisición de conocimientos abstractos, como los que aparecen en física.

En cualquier caso, como cada cerebro es único, debe haber flexibilidad por parte del docente para adecuarse a la mejor forma de aprender de cada alumno, en la medida de lo posible.

Es evidente que el papel del profesor en el proceso de aprendizaje es fundamental, puesto que conoce la asignatura, debe conocer al alumno y puede establecer los puentes afectivos y técnicos entre el estudiante y el objeto de estudio, la física.

LA MEMORIA

Si bien la atención es un proceso con un componente no consciente (no voluntario) muy alto, la memoria sigue a esa atención y depende fundamentalmente del descanso, la intensidad del estímulo que hemos recibido [6], la capacidad de asociar conceptos nuevos con otros ya establecidos [7] y la repetición de una acción, pues se favorecen las potenciaciones a largo plazo entre neuronas.

El conocimiento que tenemos del cerebro nos indica que nos es posible provocar un crecimiento indefinido del placer de aprender o de estar entretenido. Es decir, los alumnos siempre querrán mayores niveles de entretenimiento en una clase. Como el colegio no puede ser un parque de atracciones [8], debemos conseguir que los alumnos se hagan protagonistas de su propio aprendizaje, de un modo activo, asumiendo el esfuerzo que supone adquirir cierto conocimiento [9].

LAS MOTIVACIONES

Tradicionalmente las motivaciones se clasifican en extrínsecas (aquellas cuyo origen están fuera del individuo, como la presión de los padres o las calificaciones) e intrínsecas (aquellas que parten del propio individuo, como la pasión por aprender por placer o por satisfacción personal, por ejemplo).

Existen muchas teorías sobre las motivaciones. Las expectativas [10], la necesidad de alcanzar metas [11], curiosidad [12], reforzamientos positivos [13], o la superación personal y causalidad [14]. Sin entrar en ellas, ofrecemos una “fórmula” sobre la motivación (m) que habrá que tener en cuenta para diseñar cualquier actividad en el aula, basándose en las anteriores teorías:

$$m = \frac{\text{valor} \cdot \text{deseo} \cdot \text{éxito} \cdot \text{necesidad} \cdot \text{capacidad} \cdot \text{reforzamiento}}{\text{tiempo} \cdot \text{esfuerzo}}$$

POR QUÉ CUESTA TANTO ESTUDIAR FÍSICA

Existen varios estudios que señalan los prejuicios más usuales en estudiantes de física en circuitos de corriente continua [15], la cinemática [16], vectores [17], la dinámica [18], energía y momento [19]. Al respecto se ha realizado una recopilación de dificultades en el aprendizaje de la física [20], dado lo extenso de la bibliografía. Es una dificultad en el aprendizaje que es bien conocida, aunque no se ha determinado de forma plenamente satisfactoria cómo superarla.

El estudiante realiza patrones mentales, mapas sobre los cuales conforma el conocimiento. Modificar dichos mapas es complejo, laborioso y lleva su tiempo. La forma de producir cambios en los patrones de comprensión se asemejan mucho a los cambios de paradigma por los que ha pasado la historia de la ciencia [21].

La existencia de una intuición sobre los fenómenos físicos relacionados con el movimiento determina un prejuicio sobre la descripción apropiada de dichos fenómenos. El lóbulo frontal debe enjuiciar (funciones ejecutivas), lo que de forma intuitiva establece el sistema límbico, dado que parece provocar una inhibición de la respuesta intuitiva para ofrecer la respuesta correcta. Y, de nuevo, esto supone una atención explícita.

El sistema límbico actuará antes que el lóbulo frontal en sus funciones plenamente ejecutivas, por lo que parece imposible a priori que no se prejuzguen las situaciones naturales que describe la física. Esto explicaría por qué la física no ha avanzado antes en la historia y por qué cuesta tanto aprenderla e interiorizarla.

Incluso en expertos en física, el córtex prefrontal parece realizar un papel inhibitorio más que haber logrado una reorganización de las redes neuronales [22].

Aunque el cerebro no parece estar diseñado para representar conocimiento sobre física, sí parece estarlo para representar un conocimiento del mundo físico, de modo que para vincular ambas representaciones se requiere de una enseñanza formal [23].

Si se secuencian el estudio de la realización de problemas de física (tomados y adaptados de *Force Concept Inventory*) en tres fases (presentación del problema, presentación de las preguntas y resolución) se observa que las regiones activadas son sutilmente diferentes, de modo que la asociación y el control deben darse como un tándem [24].

Todo ello parece indicar que para aprender física se requiere un esfuerzo más o menos consciente en función de la motivación, pero se hace necesaria la fuerza de voluntad.

PROPUESTAS EDUCATIVAS

Existen varias líneas educativas basadas en el funcionamiento del cerebro, aunque una de las primeras fue expuesta por Caine y Caine [25]. Estos principios del *enfoque docente basado en el cerebro* (BBTA, *Brain Based Teaching Approach*) son:

- El cerebro procesa la información en paralelo.
- Los procesos de aprendizaje involucran al cerebro en su totalidad.
- La búsqueda de significado es innata.
- La búsqueda de significado se da a través de patrones.
- Las emociones son fundamentales para formar patrones.
- El cerebro procesa el todo y las partes simultáneamente.
- Aprender implica tanto al foco atencional como a los procesos de percepción.
- Aprender involucra siempre procesos conscientes e inconscientes.
- Tenemos dos tipos de memoria: una memoria espacial y los sistemas que permiten el aprendizaje de la memoria.
- Entendemos y recordamos mejor cuando los hechos y las habilidades se enmarcan de forma natural en la memoria espacial.
- El aprendizaje mejora con retos y se inhibe por las amenazas.
- Cada cerebro es único.

Tras todo lo expuesto, añadimos los siguientes principios para el diseño de líneas concretas de enseñanza de la física:

- Unidad del conocimiento. Lo parcelamos para poder gestionarlo, pero es unitario.
- Conocimiento significativo a través de la relación afectiva del sujeto con lo que debe aprender. (Recursos STEAM).
- La clase argumentativa. La razón como motor del aprendizaje.
- Experimentación (inductiva, deductiva).
- Varias formas de evaluar para atender a la singularidad de cada individuo.

A partir de estas ideas, la concreción metodológica que se ha propuesto es la siguiente:

1. Captación del foco atencional: el cine como punto de partida de la clase magistral o experimentos magistrales.
2. Analizar el conflicto propuesto en la escena. Conocimiento a partir del sustrato anterior [26].
3. Reparar en lo cotidiano.
4. Parametrización de la ley física.
5. Contextualización histórica.
6. Arte, literatura, biología... apertura a otros campos [27,28].
7. Comprobación teoría físico-matemática con la realidad descrita en las escenas.
8. Problemas contextualizados [29].
9. Laboratorios o simulaciones [30].
10. Autoevaluación no evaluable, evitando así la tensión de un examen y mejorando los procesos metacognitivos.
11. Trabajos de enriquecimiento (trabajo de investigación de ampliación o interdisciplinar; búsqueda de nuevas escenas, fotografía, relato científico...).

MÉTODOS

Se realizó un estudio con una población de 69 estudiantes entre 4º de ESO y 2º de bachillerato aplicándose la metodología expuesta. Los datos se contrastaron con un grupo de control de 69 estudiantes que aprendió con metodologías convencionales, fundamentalmente a través de clase magistral. Se pasaron a ambos grupos dos pruebas; la de Stroop (o prueba de letras y colores) [31] para medir la capacidad de gestionar información contradictoria (inhibición o interferencia) y la prueba Escala de Motivación Escolar en español (EME-S) [32,33].

En la prueba EME-S se empleó la dimensión motivaciones intrínsecas al conocimiento (MIC), que estudia el interés del alumno por aprender a partir del interés que le ofrece lo que estudia, por el solo hecho de disfrutar aprendiendo y el deseo de conocer.

Los protocolos de medida fueron aprobados por la Fundación Internacional de Educación, la Universidad de Salamanca, la Universidad de Murcia, la Universidad de León y la Universidad de A Coruña. Los resultados neurológicos quedaron respaldados por la Sociedad Española de Neurología.

RESULTADOS

Las características de las muestras se exponen en la **tabla I**.

Tabla I. Características de las muestras por edad y sexo.

	Edad	Método BBTA			Método clásico		
		Varones	Mujeres	Total	Varones	Mujeres	Total
4ºESO	15-16	19 (61%)	12 (39%)	31 (100%)	19 (61%)	12 (39%)	31 (100%)
1º bach	16-17	9 (43%)	12 (57%)	21 (100%)	17 (45%)	21 (55%)	38 (100%)
2º bach	17-18	8 (47%)	9 (53%)	17 (100%)			
Total		36 (52%)	33 (48%)	69 (100%)	36 (52%)	33 (48%)	69 (100%)

La normalidad de las muestras se ofrece en la **tabla 2**. Se observa que cumplen los criterios de curtosis y simetría para considerarse distribuciones normales.

Tabla 2. p-valor de las pruebas de normalidad Curtosis-Simetría (K-S) y Shapiro-Wilk (S-W) de ambas muestras, por curso.

	Método BBTA			Método clásico	
	Edad	K-S	S-W	K-S	S-W
4ºESO	15-16	0.403	0.494	0.601	0.586
1ºBach	16-17	0.121	0.423	0.660	0.551
2ºBach	17-18	0.140	0.684	0.616	0.531
	Total	0.373	0.462	0.415	0.282

Los resultados directos de la prueba de Stroop se muestran en la **tabla 3**.

Tabla 3. Puntuaciones directas de la interferencia y prueba T por sexo en ambas muestras.

	BBTA Media (desviación estándar)	Clásico Media (desviación estándar)	prueba T valor p	Efecto del tamaño (d Cohen)
Varones	8.86 (8.75)	5.54 (7.22)	0.084	0.413
Mujeres	7.25 (7.15)	5.47 (4.95)	0.243	0.290
Total	8.09 (8.0)	5.51 (6.20)	0.036	0.361

En la **tabla 3** se observa que las puntuaciones en la interferencia son más altas en el grupo BBTA, pero solo aparecen diferencias significativas al considerar la población completa ($p=0.036$).

En términos de motivación, el estudio por separado de la población de varones no ofreció diferencias estadísticamente significativas, pero sí la población femenina en la motivación intrínseca al conocimiento. En la **tabla 4** se muestran las puntuaciones obtenidas en ambas muestras por parte de las mujeres en lo que a la dimensión MIC se refiere.

Tabla 4. Puntuaciones directas de las poblaciones femeninas de la dimensión motivación intrínseca al conocimiento, correspondiente a la prueba EME-S.

	Método BBTA		Método clásico	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
MIC	5.75	0.94	5.17	1.19

Analizando las muestras desde el EME-S, los valores de normalidad están dentro de lo que se considera óptimo y se muestran en la **tabla 5**.

Tabla 5. Valor p de las pruebas de normalidad Curtosis-Simetría (K-S), Shapiro-Wilk (S-W) de ambas muestras, según los resultados obtenidos en el formulario EME-S en la dimensión MIC.

	Método BBTA		Método clásico		prueba T
	K-S	S-W	K-S	S-W	
MIC	0.142	0.092	0.077	0.368	0.032

La capacidad de soportar la interferencia, es decir, capacidad de gestionar adecuadamente la información contradictoria, es estadísticamente significativa a favor de los alumnos que aprenden con el método BBTA ($p=0.036$). Pueden recibir información contradictoria, como sucede al aprender física en relación a los cambios que se deben producir en el aprendizaje formal, de modo que la gestionan mejor:

Por otro lado, se observa que las mujeres están especialmente motivadas ante el estudio de la física de la forma propuesta, dado que la diferencia entre los dos grupos es estadísticamente significativa ($p = 0.032$).

Aplicando esta metodología se ha comprobado que los alumnos desarrollan una mayor capacidad de inhibición, es decir, gestionan mejor la información que les resulta contradictoria [34]. Esto es importante, tras haber descrito que el cerebro realiza mapas mentales intuitivos sobre el comportamiento de la naturaleza. Esta forma de aprender favorece que se enfrenten con esa dificultad intrínseca al estudio de la física.

Estas metodologías han demostrado también lograr mejores aprendizajes de la física [35].

Así mismo, se observa que los alumnos están más motivados, puesto que en buena medida son ellos mismos los que demandan los siguientes pasos a cubrir en su propio aprendizaje, pues su implicación les permite establecer motivaciones intrínsecas, especialmente entre las mujeres, cuyos niveles de madurez son superiores a los de los varones.

CONCLUSIONES

Los estudios neurocientíficos ofrecen una posible respuesta a la dificultad que en todas las partes del mundo supone estudiar física. Parece oportuno entonces aplicar metodologías basadas en el funcionamiento del cerebro BBTA (*Brain Based Teaching Approach*).

El posible éxito del método puede residir en el hecho de que hace al alumno protagonista de su propio aprendizaje, de modo que puede ajustar sus avances en función de su maduración y especialmente a su motivación ante el estudio.

Los resultados sobre los alumnos a los que se les ha aplicado metodologías BBTA son muy prometedores e indican que mejoran su capacidad inicial de enjuiciar los prejuicios que la intuición hace sobre los fenómenos físicos y sus motivaciones intrínsecas ante su estudio, de modo significativo en las mujeres.

Hay mucho que investigar y potenciar en este tipo de metodologías, pero los resultados experimentales en su implantación indican que tiene un alto potencial educativo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CARRERAS BÉJAR, C., NACENTA TORRES, P., PEDRO MESTRE, J., ALONSO SÁNCHEZ, M. (2018) El estado de la enseñanza de la física en la Educación Secundaria. Madrid: RSEF.
- [2] ALONSO, M. (2003) Reflexiones sobre la enseñanza de la física en el siglo XXI. *Revista Española de Física* 17(6), 3-5.
- [3] KOENIG, K. M., ENDROF, R. J., BRAUN, G. A. (2007) Effectiveness of different tutorial recitation teaching methods and its implications for TA training. *Physical Review Physics Education Research* 3, 010104.
- [4] JENSEN, F. N. (2015) *El cerebro adolescente*. Barcelona: RBA.
- [5] BRIZENDINE, L. (2006) *El cerebro femenino*. Barcelona: RBA.
- [6] REYES, H. (2022) Learning physics, building people. *Psychology and Behavioral Science International Journal* 19, 556001. doi:10.19080/PBSIJ.2022.19.556001
- [7] PARK, H., LEAL, F., ABELLANOZA, C., SCHAEFFER, J. D. (2014) The formation of source memory under distraction. *Behav. Brain Funct.* 10, 40. doi:10.1186/1744-9081-10-40
- [8] LURI, G. (2020) *La escuela no es un parque de atracciones*. Madrid: Ariel.
- [9] POSNER, M. I. (2009) Bridging cognitive and neural aspects of classroom learning. *Physics Review Physics Education Review* 1179, 39-42.
- [10] VROOM, V. (1964) *Work and motivation*. New York: John Wiley and Sons.

- [11] MCCLELLAND, D. (1961) *The Achieving Society*. New Jersey: Princeton.
- [12] HARLOW, H. F., HARLOW, M. K., MEYER, D. R. (1950) Learning motivated by manipulation drive. *Journal of Experimental Psychology* 40, 228-234.
- [13] SKINNER, F. B. (1957) *Verbal behavior*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- [14] HEIDER, F., BENESH-WEINER, M. (1988) *Fritz Heider: The notebooks, Vol. 3: Motivation*. New York: Springer-Verlag.
- [15] EYEBIOKIN, K. (2016) *Influence of misconceptions and alternative conceptions on physics students*. Ilorin, Kwara State, Nigeria: University of Ilorin.
- [16] TROWBRIDGE, D., MCDERMOTT, L. (1981) Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *Am. J. Phys.* 49, 242-253.
- [17] AGUIRRE, J. (1988) Students preconceptions about vectorial kinematics. *Phys. Teach.* 26, 212-216.
- [18] CLEMENT, J. (1982) Students' preconceptions in introductory mechanics. *Am. J. Phys.* 50, 66-71.
- [19] LAWSON, R., MCDERMOTT, L. (1987) Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. *Am. J. Phys.* 55, 811-817.
- [20] MCDERMOTT, L. C., REDISH, E. F. (1999) Resource Letter PER-1: Physics education research. *Am. J. Phys.* 67, 755-767. doi:10.1119/1.19122
- [21] PETITTO, L. A., DUNBAR, K. N. (2009) Educational neuroscience: new discoveries from bilingual brains, scientific brains, and the educated mind. *Mind, Brain and Education* 3, 185-197. doi:10.1111/j.1751-228X.2009.01069.x
- [22] DUNBAR, K. N. (2009) The biology of physics: what the brain reveals about our understanding of the physical world. *Physical Review Physics Education Research*, 1179, 15-18.
- [23] MASON, R. A., JUST, M. A. (2016) Neural representations of physics concepts. *Psychol. Sci.* 27, 904-913. doi:10.1177/0956797616641941
- [24] BARTLEY, J. E., RIEDEL, M. C., SALO, T., BOEVING, E. R., BOTTENHORN, K. L., BRAVO, E. I., ODEAN, R., NAZARETH, A., LAIRD, R. W., SUTHERLAND, M. T., PRUDEN, S. M., BREWE, E., LAIRD, A. R. (2019) Brain activity links performance in science reasoning with conceptual approach. *npj Science of Learning* 4, 20. doi:10.1038/s41539-019-0059-8
- [25] CAINE, R., CAINE, G. (2003) *12 brain/mind learning principles in action. The fieldbook for making connections, teaching and the human brain*. Corwin Press.
- [26] LEVITIN, D. (s.f.). *Mi cerebro musical*, *National Geographic*. [En línea], disponible en <https://youtu.be/eQGqNlevh2o> [Consultado el 15/07/2022]
- [27] BONGWOO, L., HEEKYONG, K. (2018) Trends of research in physics education in Korea. *Journal of the Korean Physical Society* 72, 1502-1507.
- [28] ALEXANDER, P. (2019) Individual differences in college-age learners: The importance of relational reasoning for learning and assessment in higher education. *British Journal of Educational Psychology* 89, 416-428. doi:10.1111/bjep.12264
- [29] OGILVIE, C. A. (2009) Changes in students' problem-solving strategies in a course that includes context-rich, multifaceted problems. *Physical Review Physics Education Research* 5, 020102.
- [30] HUSNAINI, S. J., CHEN, S. (2019) Effects on guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research* 15, 010119.

- [31] GOLDEN, C. (2005) *Stroop word-color interference*. Madrid: TEA Ediciones S.A.U.
- [32] USÁN SUPERVÍA, P., SALAVERA BORDÁS, C. (2018) Motivación escolar, inteligencia emocional y rendimiento académico en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria. *Actualidades en Psicología* 32(125), 95. doi:10.15517/ap.v32i125.32123
- [33] NÚÑEZ, J., MAERÍN-ALBO, J., NAVARRO, J., SUÁREZ, Z. (2010) Adaptación y validación de la versión española de la escala de motivación educativa en estudiantes de educación secundaria postobligatoria. *Estudios de Psicología* 31, 89-100. doi:10.1174/021093910790744590
- [34] REYES, H., GARCÍA, J. M., MIRÓN, J. A. (2021) ¿Pueden los adolescentes tomar mejores decisiones? La respuesta de la física. *European Journal of Education and Psychology* 14, 1-18. doi:10.32457/ejep.v14i1.1550
- [35] SALEH, S. (2012) The effectiveness of the brain based teaching approach in enhancing scientific understanding of Newtonian physics among form four students. *International Journal of Environmental & Science Education*, 107-122.

ANÁLISIS DE LOS ESTILOS COMUNICATIVOS EN LA ENSEÑANZA DEL “VISU” DE MINERALES Y ROCAS

Silvia M^a Rodríguez-Torrenova, Noelia Sánchez-Sánchez, y José Manuel Pérez-Martín

Dpto. de Didácticas Específicas. Universidad Autónoma de Madrid, (España).

Dirección de correspondencia: storrenov@yahoo.es

Palabras clave: vocación científica; desafección; docente; estilos comunicativos; enseñanza secundaria.

Keywords: scientific vocation; disaffection; teacher; communicative styles; secondary education.

Resumen

El descenso de las vocaciones científicas está relacionado con las metodologías y estrategias docentes empleadas. En gran medida, la problemática se debe a que los aspirantes a docentes de educación secundaria son especialistas en contenidos disciplinares, pero con escasa formación didáctica. Realizamos un estudio y clasificamos sus estilos comunicativos. Según el análisis realizado, los futuros docentes de Educación Secundaria Obligatoria complementan su formación bajo estilos comunicativos poco dialógicos lo que, según algunos estudios, está relacionado con la desafección de los estudiantes hacia las ciencias. Debemos recomendar procesos formativos más interactivos, fomentando el interés por las ciencias.

Abstract

The decrease in scientific vocations is related to the teaching methodologies and strategies used. To a large extent, the problem is due to the fact that aspiring secondary school teachers are specialists in disciplinary content, but with little didactic training. We carry out a study and classify their communication styles. According to the analysis carried out, future secondary school teachers complement their training with communicative styles that are not very dialogical, which is associated with studies on students' disaffection with science. We must recommend more interactive training processes, promoting interest in science.

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios que comenzaron a publicarse desde 2000 manifiestan un descenso de las vocaciones científicas en todo el mundo [1,2]. El motivo está fuertemente relacionado con las metodologías y estrategias docentes empleadas [2- 4], y se insiste en que este escenario tiene su origen en los cursos tempranos de la educación obligatoria [5], pero llega al máximo en los últimos cursos de la enseñanza secundaria [2,4].

Por ello, para prevenir la desafección por el aprendizaje de las ciencias y favorecer el resurgimiento de vocaciones científicas, parece fundamental que los docentes atiendan aspectos tales como su actitud ante los alumnos, dinámicas de desarrollo en el aula, forma de exponer contenidos, metodologías que se aplican, etc. [6].

En gran medida la problemática de esta situación se debe a que los aspirantes a docentes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) son especialistas en contenidos disciplinares, pero con escasa formación didáctica [3,7-9]. Por ello, la legislación exige un título que les capacite tras una formación en la didáctica del contenido, el máster profesionalizante de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, formación que algunos expertos consideran escasa, por lo que presuponen que quizás provoquen dificultades de aprendizaje cuando llegan a las aulas [7,8,10,11].

En este contexto, multitud de aspirantes a docentes de ESO complementan su preparación a través del ámbito no formal. Para ello, requieren de formación, no solo en conocimientos científicos (que el aspirante mayoritariamente domina), sino también en aptitudes pedagógicas para la docencia (conocimiento didáctico del contenido). Esta labor, en muchos casos, corre a cargo de academias de estudios donde docentes, de con-

trastada experiencia en aulas de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, ayudan en la preparación de pruebas de oposición [11,12].

En nuestra opinión, es un momento clave en la adquisición de destrezas docentes de este futuro profesorado de ESO [12-14]. Y está muy extendida la idea de que los docentes enseñan tal y como aprendieron [14], por lo que puede ser la última oportunidad para promover estrategias de enseñanza y aprendizaje que promuevan las vocaciones científicas. En este sentido, esta etapa de preparación de oposiciones puede ser el último momento, antes de acceder al ejercicio docente, en el que se adquieran destrezas comunicativas y estrategias didácticas que fomenten las vocaciones científicas. En este sentido, los estilos comunicativos que apliquen los docentes expertos en la formación de los aspirantes podrían tener un efecto contagio por imitación y acabar condicionando la forma de enseñar de estos.

OBJETIVO

Por ello, hemos analizado los estilos comunicativos de los docentes que imparten las sesiones de preparación de las oposiciones al cuerpo de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en la especialidad de Biología y Geología, concretamente, durante las sesiones de preparación de una prueba clave, el “visu” de minerales y rocas.

MÉTODO

En este estudio analizamos el estilo comunicativo utilizado por tres preparadores diferentes a lo largo de dos sesiones en línea, donde se formaron un total de 225 aspirantes. Concretamente hemos focalizado nuestro estudio en una de las pruebas de mayor peso dentro de la parte práctica, el visu. Durante las dos sesiones en línea elegidas para nuestro estudio, los preparadores trabajaron la identificación visual de ejemplares de minerales y rocas. Revisando las grabaciones de los encuentros entre el preparador (profesor funcionario en activo que ejerce como experto) y aspirantes (alumnos con la titulación requerida para optar a una plaza en la especialidad de Biología y Geología en la siguiente convocatoria), clasificamos sus estilos comunicativos en tres categorías siguiendo a Scott, Mortimer y Aguiar [15] modificados por Esquivel-Martín et al. [16]:

- **Interactivo dialógico (ID):** se establece una conversación entre preparador y alumno, donde se pretende atender una situación en la que ambos aportan información sobre la situación. Por ejemplo, en el caso donde mientras el preparador experto muestra una imagen de un mineral por el campus virtual, un alumno interviene y le hace una pregunta, y el preparador le atiende y responde.

–Preparador experto:

“En el visu de la academia podéis ver este ejemplar, ¿veis el buscador?”

–Varios aspirantes:

“Sí”.

–Preparador experto:

“Vale, lo vemos. En el caso de la calcopirita...”

–Aspirante I:

“Perdona, una pregunta”

–Preparador experto:

“Sí, dime”.

–Aspirante I:

“Cuando se presentan los dos minerales juntos, ¿hay que poner los dos?, entiendo que sí ¿verdad?”.

–Preparador experto:

“Sí, pero debéis identificar cuál es el principal”

–Aspirante I:

“Por ejemplo, yo me refiero a cuando está calcopirita por ejemplo con cuarzo”.

–Preparador experto:

“Sí, a eso me refiero”.

–Aspirante I:

"Sí, sí, sí, vale".

–Preparador experto:

"Eso es. Conviene citar los dos; si consigues identificar el otro, menciona el otro, no está de más, ¿sí?"

–Aspirante I:

"Aclarado, gracias".

–Preparador experto:

"Bien, seguimos".

- **Interactivo autoritario (IA)**. El preparador se dirige al conjunto de la clase y plantea situaciones principalmente de modo enunciativo, intercalando preguntas para permitir interaccionar a los estudiantes, pero los estudiantes no intervienen. En el ejemplo, el preparador les muestra cómo poder hacer un análisis sensorial visual de un muestrario.

- Preparador (experto):

"Este sí que ponerle un asterisco, ¿eh? A la calcopirita. Poner un asterisco, la calcopirita, si hay que conocerla bien, el sulfuro de cobre y hierro, también las masas son amarillas.

¿Veis que forman un mazacote? No son láminas como era el oro.

Si lo vemos más cerca, os recuerdo que no hay que confundirlo con el oro, que el oro nativo tiene forma de dendrita ¿vale? Y este es calcopirita."

- **No interactivo (NI)**, donde durante el discurso el preparador no muestra interacción con los alumnos (enuncia hechos sin esperar intervenciones de estos ni propone preguntas para interaccionar con ellos). En este caso, los estudiantes reciben la información, no participan en el diálogo (no hay). Suele ser contenido teórico, como se ve en este ejemplo:

- Preparador (experto):

"Esto es el cobre nativo. Que presenta un brillo metálico, puede aparecer alterado y asociado a otros minerales, y cuando se alteran, las alteraciones son de color verdosa, o sea, que observaremos como un color anaranjado metálico característico del cobre y puede tener presencia de alteraciones a color verde. El sistema es cúbico en el caso del cobre; en cuanto a las propiedades físicas, es pesado y dúctil.

La siguiente imagen, es el mercurio, que no hay ninguna duda.

El mercurio es la gota que se ve en el centro. Estado, que es el único mineral que tenemos en estado líquido. El sistema de clasificación también es trigonal, el aspecto es el líquido y de un color grisáceo que es las gotitas que se ven en el centro".

Tras la categorización de los estilos comunicativos (**tabla 1**), estos se representaron gráficamente a lo largo del tiempo (eje X). Además, los datos obtenidos se representaron como porcentaje del total del tiempo de las sesiones para poder comparar los resultados entre docentes, dado que cada profesor ha organizado las sesiones como las ha considerado más productivas, dedicando tiempos diferentes para cada bloque.

Tabla 1. Codificación de los estilos comunicativos en las gráficas (eje Y).

Estilo comunicativo	Identificación
Interactivo dialógico	3
Interactivo autoritario	2
No interactivo	1
No conexión o descanso	0

RESULTADOS

Como podemos observar en la **figura 1**, el estilo comunicativo que predomina durante la sesión de minerales (114 minutos) desarrollada por el preparador A es el interactivo autoritario (IA_2), combinado con el estilo interactivo dialógico (ID_3) durante la primera parte de la sesión (hasta aproximadamente el minuto 45). Durante la segunda parte de la sesión, predomina el estilo interactivo autoritario (IA_2) con cambios puntuales al estilo interactivo dialógico (ID_3 en dos ocasiones y viéndose interrumpido por tres momentos puntuales en los que no hay ninguna interacción (0) justificada por cortes en la línea de conexión de la sesión online. Mientras que, en el caso de la sesión de rocas desarrollada por este mismo preparador (A), comprobamos que pese a que se desenvuelve durante la sesión de 25 minutos entre los estilos comunicativos interactivo autoritario (IA_2) e interactivo dialógico (ID_3) el estilo predominante es este último, aunque existe un momento concreto de estilo no interactivo (NI_1) al comienzo de esta sesión.

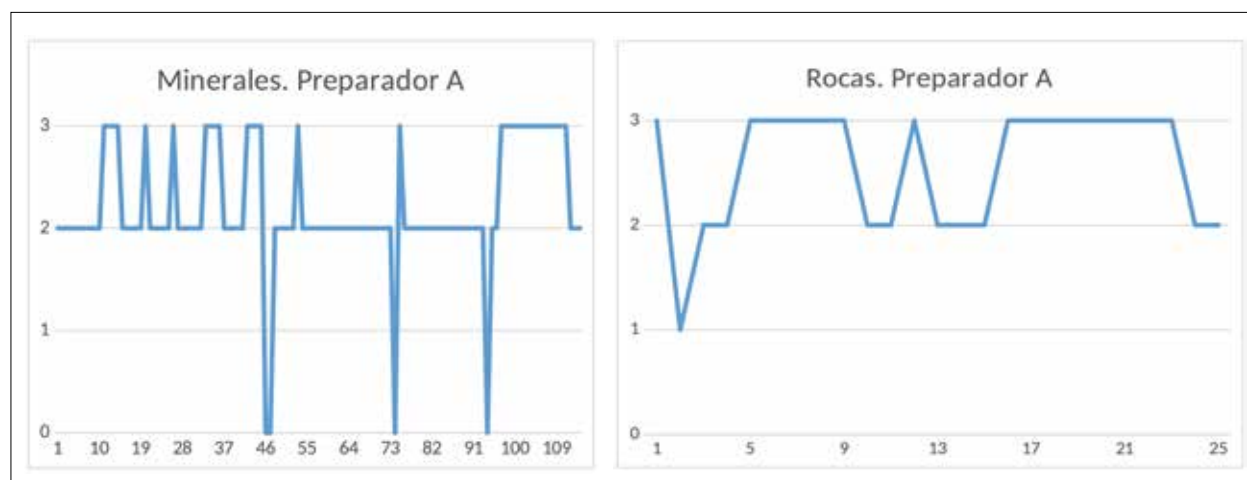


Figura 1. Representación gráfica de la duración de los estilos comunicativos desplegados por el preparador A para la sesión de minerales y rocas.

En el caso de la **figura 2**, podemos apreciar que el estilo comunicativo que predomina durante la sesión de minerales desarrollada por el preparador B es el no interactivo (NI_1) durante algo más de la primera media hora de la sesión, que tuvo una duración de 44 minutos. La última parte de la sesión combinó el interactivo dialógico (ID_3) con el estilo no interactivo (NI_1). En ningún momento utilizó el estilo interactivo autoritario (IA_2). Por su parte, en el caso de la sesión de rocas desarrollada por este mismo preparador (B), comprobamos que sigue manteniendo la línea comunicativa observada en la de minerales, puesto que durante los primeros 77 minutos de la sesión (de 86 minutos totales) se desarrolla exclusivamente en un estilo no interactivo (NI_1), y que en los últimos minutos combina con el estilo comunicativo dialógico (IA_3) y vuelve a no utilizar el estilo comunicativo interactivo autoritario (IA_2).

Por último, en la **figura 3** se muestra que el estilo comunicativo que se establece durante la sesión dedicada a minerales (59 minutos) desarrollada por el preparador C no muestra un estilo predominante,

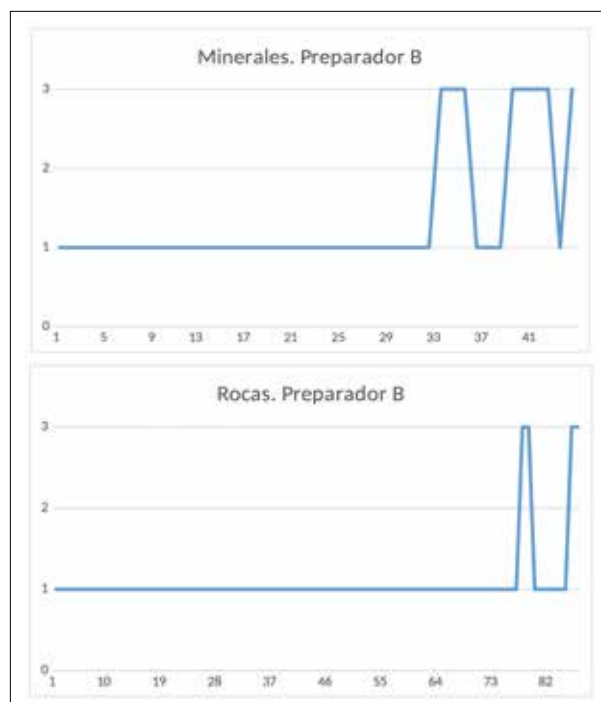


Figura 2. Representación gráfica de la duración de los estilos comunicativos desplegados por el preparador B para la sesión de minerales y rocas.

puesto que se observan constantes cambios de estilo, con mayor presencia del interactivo autoritario (IA_2) combinado con el estilo no interactivo (NI_1) durante prácticamente toda la sesión, aunque existen momentos puntuales en los que utiliza el estilo comunicativo interactivo dialógico (ID_3). En cambio, en la sesión dedicada a rocas (25 minutos) desarrollada por este mismo preparador (C), comprobamos que, pese a que hay algunos episodios de estilo comunicativo dialógico (ID_3), el estilo que predomina claramente es el interactivo autoritario (IA_2), sin que utilice en ningún momento el estilo no interactivo (NI_1).

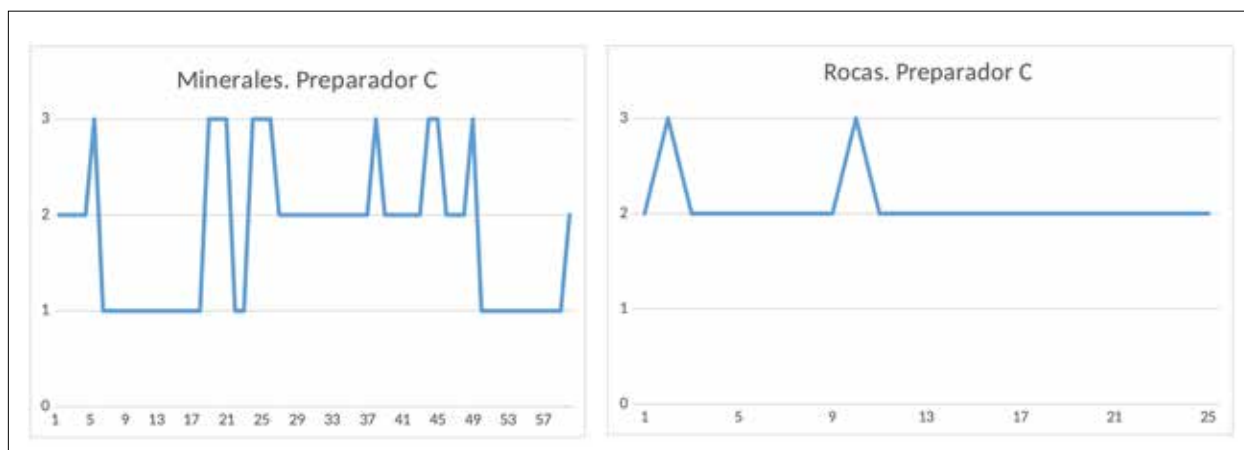


Figura 3. Representación gráfica de la duración de los estilos comunicativos desplegados por el preparador C para la sesión de minerales y rocas.

Nuestros datos de frecuencias normalizadas (porcentaje del tiempo) permiten comparar los estilos comunicativos entre docentes para un mismo contenido. Para ello, la **tabla 2** muestra las frecuencias de los estilos comunicativos utilizados en las sesiones de minerales y rocas por cada uno de los preparadores. Se puede ver que cada preparador utiliza un estilo comunicativo predominante en cada sesión. Por ejemplo, el preparador A desarrolla predominantemente un estilo interactivo autoritario en la sesión de minerales (69,3% del tiempo) y un interactivo dialógico en la de rocas (60% del tiempo). En cambio, el preparador C no muestra un estilo predominante en la sesión de minerales, donde intervino el mismo tiempo con el estilo IA y el NI (40,7% en ambos), y en la de rocas interviene con un estilo interactivo autoritario durante el 92% del tiempo. Por último, hay que destacar que el preparador B muestra una estrategia comunicativa basada en el estilo no interactivo en ambas sesiones y con duraciones casi totales (81,8% y 95,3%), algo que perjudica la posibilidad de intervención de los aspirantes.

Tabla 2. Frecuencia de los estilos comunicativos (%) de los preparadores participantes en las sesiones de minerales y rocas. ID (interactivo dialógico), IA (interactivo autoritario), NI (no interactivo) y NC (no conectado).

Frecuencia de los estilos comunicativos por sesiones										
	Minerales					Rocas				
	Tiempo (min)	ID (%)	IA (%)	NI (%)	NC (%)	Tiempo (min)	ID (%)	IA (%)	NI (%)	NC (%)
Preparador A	114	27,2	69,3	0,0	3,5	25	60,0	36,0	4,0	0,0
Preparador B	44	18,2	0,0	81,8	0,0	86	4,7	0,0	95,3	0,0
Preparador C	59	18,6	40,7	40,7	0,0	25	8,0	92,0	0,0	0,0

Por otro lado, podemos indicar que el estilo comunicativo que más se empleó (porcentualmente) para la sesión de minerales fue el no interactivo, seguido muy de cerca por el interactivo autoritario; y para la sesión de rocas fue justo al revés, el predominante fue el interactivo autoritario, seguido del no interactivo.

Del mismo modo, si consideramos ambas sesiones como una única (**tabla 2**), podemos decir que el preparador B presenta un estilo comunicativo predominante que es el no interactivo (90,8% de su actividad),

mientras que los preparadores A y C muestran como estilo comunicativo predominante el interactivo autoritario (63,3% y 55,9%). El preparador A es el que más tiempo interviene con el estilo interactivo dialógico (33,1% del tiempo), lo que supone mayor participación de sus estudiantes.

Tabla 2. Frecuencia de los estilos comunicativos (%) de los preparadores participantes en las sesiones de minerales y rocas. ID (interactivo dialógico), IA (interactivo autoritario), NI (no interactivo) y NC (no conectado).

Frecuencia de los estilos comunicativos					
	Total				
	Tiempo (min)	ID (%)	IA (%)	NI (%)	NC (%)
Preparador A	139	33,1	63,3	0,7	2,9
Preparador B	130	9,2	0,0	90,8	0,0
Preparador C	84	15,5	55,9	28,6	0,0

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que un docente no tiene un único estilo comunicativo, sino que los alterna en función de poder interactuar como mejor considera, aunque sí presenta uno predominante. Del mismo modo, ante las mismas situaciones (contenidos impartidos), los preparadores desarrollaron estilos comunicativos diferentes entre sí.

Por otro lado, en base a nuestros resultados, los preparadores de los futuros docentes de ESO y Bachillerato analizados, docentes en ejercicio del cuerpo de funcionarios de esta etapa educativa, utilizan estilos comunicativos poco dialógicos incluso con un colectivo con un dominio del contenido elevado, como es el de los futuros docentes de ESO. Asimismo, consideramos que los aspirantes complementan su formación bajo estilos comunicativos poco dialógicos. Si, como bien indican otros estudios [14], los docentes usan estrategias de enseñanza y aprendizaje similares a las que tuvieron durante su aprendizaje, estos realizarán diseños de intervenciones con un bajo nivel de interacción, unidireccionales, causando una baja participación, y resultando ser muy teóricos, lo que está asociado con la desafección por las ciencias por parte de los estudiantes [2,4] ya que se sienten poco partícipes de los aprendizajes [2], lo que dificulta la incorporación de los aprendizajes a su vida cotidiana [17].

Por tanto, debemos recomendar procesos formativos más interactivos y que promuevan el desarrollo de las destrezas comunicativas que pueden ser fomentadas a través de preguntas mediadoras y la argumentación y el uso de pruebas [18]. De este modo, herramientas didácticas que promueven estilos comunicativos más participativos llegarán a las aulas de ESO y Bachillerato, fomentando la afección por las ciencias.

Por lo tanto, y a pesar de que sólo son tres los docentes analizados, su impacto como formadores se puede ver reflejado en unos 225 aspirantes. De manera que, como continuación del estudio, queremos valorar si los docentes expertos aplican los mismos estilos comunicativos en otras sesiones de contenidos diferentes. Además, queremos profundizar en los estilos de comunicación de los aspirantes, valorando si replican algunas de las actuaciones de sus preparadores durante sus intervenciones en simulacros o entrenamientos a lo largo del curso. De esta forma, comprobaremos cuáles son las principales estrategias y herramientas que utilizan los futuros docentes de Biología y Geología en el desarrollo de sus clases, y si efectivamente se cumple la premisa de que los docentes enseñan tal y como aprendieron.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] SOLBES, J., MONTSERRAT, R., FURIÓ, C. (2007) Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* 21, 91-117.
- [2] ROBLES, A., SOLBES, J., CANTÓ, J.R., LOZANO, O. R. (2015) Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 14, 361-376.
- [3] IBÁÑEZ-IBÁÑEZ, M.M., ROMERO-LÓPEZ, M.C., JIMÉNEZ-TEJADA, M. P. (2019) ¿Qué ciencia se presenta en los libros de texto de Educación Secundaria? *Enseñanza de las Ciencias* 37, 49-71.
- [4] SOLBES, J. (2011) ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales* 67, 53-61.
- [5] MURPHY, C., BEGGS, J. (2003) Children perceptions of school science. *School Science Review* 84 (308), 109-116.
- [6] PERTUSA MIRETE, J. (2020) Metodologías activas: la necesaria actualización del sistema educativo y la práctica docente. *Supervisión21. Revista de Educación e Inspección* 56, 1-21.
- [7] GONZÁLEZ FARACO, J. C., JIMÉNEZ VICIOSO, J. R., PÉREZ MORENO, H. M. (2011) El nuevo modelo formativo del profesorado de educación secundaria y su proceso de implantación en las universidades andaluzas. *Revista Fuentes* 11, 67-85.
- [8] VALDÉS PUENTES, R., BOLÍVAR BOTIA, A., MORENO VERDEJO, A. (2015) Una valoración de la formación inicial de profesores en España: el Máster en Educación Secundaria. *Educação em Revista* 31, 251-278.
- [9] WAMBA-AGUADO, A. M., JIMÉNEZ-PÉREZ, R., GARCÍA-DÍAZ, E. (2000) Perfil metodológico de un profesor de Educación Secundaria: un estudio de caso. *Investigación en la Escuela* 42, 89-97.
- [10] BRICEÑO MARTÍNEZ, J. J., BENARROCH, A. (2012) Concepciones y creencias sobre la ciencia, aprendizaje y enseñanza de profesores universitarios de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 8, 24-41.
- [11] SOLIS, E., PORLAN, R., RIVERO, A., POZO, R. (2012) Las concepciones de los profesores de ciencias de secundaria en formación inicial sobre metodología de enseñanza. *Revista Española de Pedagogía* 253, 495-514.
- [12] FERNÁNDEZ MAGDALENA, A. L. (2010) *Cómo preparar oposiciones ¡y aprobarlas!* Barcelona: CEAC editorial.
- [13] CADEMARTORI, P., GRIMALDI, V. (2017) «Explicar bien, aprender bien». La relación con el saber en las voces de los alumnos. *Yupana. Revista de Educación Matemática de la UNL* 11, 58-73.
- [14] DAY, C. (2011) *Pasión por enseñar. La identidad personal y profesional del docente y sus valores*. Madrid: Narcea.
- [15] SCOTT P. H., MORTIMER E. F., AGUIAR O. G. (2006) The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education* 90, 605-631.
- [16] ESQUIVEL-MARTÍN, T., BRAVO-TORIJA, B., PÉREZ-MARTÍN, J. M. (2021) Solving a problem about cancer treatment: how does the use of the mitotic spindle model evolve during small group discussions? *Journal of Biological Education*. doi:10.1080/00219266.2021.1924230

- [17] OLSSON, D., GERICKE, N. (2016) The adolescent dip in students' sustainability consciousness - Implications for education for sustainable development. *The Journal of Environmental Education* 47, 35-51. doi:10.1080/00958964.2015.1075464
- [18] MÁRQUEZ, C., BONIL, J., PUJOL, R.M. (2005) Las preguntas mediadoras como recursos para favorecer la construcción de modelos científicos complejos. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra VII Congreso, 1-5.

MUJERES CIENTÍFICAS Y ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD HUMANA: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA BASADA EN LA CONTRIBUCIÓN DESDE LA HISTORIA DE LA CIENCIA A LA EDUCACIÓN EN LA IGUALDAD

Rafael Tomás Cardoso

Unidad Docente de Antropología Física. Dpto. Biodiversidad, Ecología y Evolución Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid.

Dirección de correspondencia: raftomas@ucm.es

Palabras clave: educación en la igualdad; diversidad humana; enfoque de género; historia de la ciencia; estudios sociales de la ciencia.

Keywords: education for equality; human diversity; gender approach; history of science; social studies of science.

Resumen

El conocimiento de los recorridos biográficos de las científicas dedicadas al estudio de la biodiversidad y evolución humana constituye un marco especialmente útil para trabajar en el aula temas relativos a la educación en la igualdad y, al tiempo, promover vocaciones científicas, con independencia del género. La propuesta de actividades para trabajar en el aula las historias vitales de estas investigadoras genera información relevante en torno a los retos y problemáticas de las carreras profesionales y académicas de las mujeres científicas, y ofrece un lugar para la reflexión en torno a los factores estructurales y personales de estas situaciones. Al tiempo, cabe estimar que la observación de los logros y aportaciones de estas científicas a los ojos de los alumnos y alumnas de secundaria estimule el interés y orientación hacía las vocaciones profesionales científicas.

Abstract

Knowledge of the biographical journeys of female scientists dedicated to the study of biodiversity and human evolution constitutes a particularly useful framework for working in the classroom on issues related to education in equality; and at the same time, promote scientific vocations, regardless of gender. The proposal of activities to work on the life stories of these researchers in the classroom generates relevant information about the challenges and problems of the professional and academic careers of women scientists, and offers a place for reflection on the structural and personal factors in these situations. At the same time, it is possible to estimate that the observation of the achievements and contributions of these scientists in the eyes of high school students stimulates interest and orientation towards scientific vocations.

INTRODUCCIÓN

La aproximación a los recorridos biográficos y académicos de las mujeres científicas dedicadas al estudio de la biodiversidad y evolución humana aporta un marco didáctico especialmente productivo, tanto para el trabajo en el aula de los temas relativos a la educación en la igualdad, desde una aproximación biocultural a la diversidad humana [1-4], como en la promoción de las vocaciones científicas entre l@s alumn@s, con especial interés en el apoyo a las carreras femeninas dirigidas a la investigación científica. Este acercamiento de l@s estudiantes adolescentes a la historia y los logros de la investigación científica en torno a la diversidad y la biología humana, alcanzados por el trabajo de las mujeres científicas, supone un importante avance

en el reconocimiento y visibilidad de sus aportaciones. Ofrece una mirada dirigida a visibilizar y poner en valor el ámbito poco atendido del papel, la historia y las aportaciones de las mujeres científicas dedicadas al estudio de la diversidad, evolución y biología humana [5]. Y al tiempo, permite el estudio de los contextos sociales y personales de estas científicas, a través de sus historias y recorridos vitales, aportando recursos didácticos para la reflexión en torno a los retos y problemáticas específicas de sus carreras, y de los factores estructurales, sociales y culturales que condicionan estos hándicaps y dificultades.

ANTECEDENTES

La lenta y costosa historia que llevó a la posibilidad de incorporación de la mujer a la universidad en España, entre los episódicos logros de las pioneras en las últimas décadas del siglo XIX y la autorización para el acceso libre de la mujer a la universidad a partir de 1910, se vio seguida de un rápido proceso de incorporación de la población femenina a las aulas universitarias [6-8]. Sin embargo, como principal apreciación de este proceso de incorporación de la mujer a la universidad española, hay que señalar que la intensa (y poco conocida) entrada de las mujeres a la enseñanza superior en las décadas centrales del XX (entre las décadas de 1930 y 1970) no tuvo un correlato correspondiente en la proyección profesional y académica de las mujeres hasta los últimos años del siglo, con la amplia incorporación de las mujeres a los distintos ámbitos profesionales, así como en el académico, a partir de los años ochenta [9,10].

Tabla I. Evolución de la tasa de feminización por disciplinas, según % de matrícula.

	Filosofía y Letras*	Ciencias**	Derecho	Medicina	Farmacia	Veterinaria	Ciencias Sociales***	Sobre el Total	Total alumnos
1940-41	29,9	19,5	2,0	5,4	33,5	0,3	--	12,6	35.555
1950-51	70,0	20,2	3,6	3,4	46,7	0,8	9,8	14,8	51.633
1960-61	62,1	21,3	6,7	9,2	53,1	1,0	10,7	22,2	62.105
1970-71	66,0	30,0	19,4	21,2	55,3	16,5	16,1	32,5	162.879
1980-81	61,1	32,6	37,3	43,6	66,5	30,2	28,7	48,1	385.040

*Incluye Filosofía, Filología, Geografía e Historia, CC. Educación y Psicología.

**Incluye titulaciones de Ciencias e Ingenierías.

***Incluye Economía y CC. Empresariales, CC, Políticas, Sociología y CC. Información.

Fuente: Adaptado de Prieto (1987), basado en registros INE.

Esta situación de desajuste y correspondencia desigual, entre la importante e intensa incorporación de las mujeres en la universidad española (desde tasas en torno a 12-15% en la década de 1930, que alcanzan valores en torno al 50% a finales de la década de 1970) con su proyección y alcance en la participación profesional y académica, pone de manifiesto una situación paradójica que ofrece amplias posibilidades para el debate y la investigación en el aula sobre estas cuestiones en el marco de los estudios de género. Reseñando el dato de la especialmente fuerte presencia no sólo en los estudios de Filosofía y Letras, sino también las facultades de Ciencias y de Farmacia, rompiendo con el prejuicio e idea ampliamente repetida de la orientación sesgada y preferente de las estudiantes, en los niveles de estudios superiores, hacía carreras de Humanidades [11].

FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta didáctica se orienta a la incorporación dentro de las programaciones didácticas actividades con objetivos y resultados dirigidos a facilitar el conocimiento y poner de manifiesto el papel y contribuciones de los nombres de las mujeres pioneras en la investigación antropológica española, reclamando el reconocimiento de su producción científica y revisando los principales factores limitantes a la presencia y progresión de las mujeres investigadoras, en los distintos momentos del desarrollo de la ciencia española, a lo largo del siglo XX y durante el comienzo del nuevo siglo. Así también, el trabajo en el aula con estas temáticas deberá contribuir a crear referentes femeninos en el ámbito de las ciencias, y de la antropología en particular; y ayudar a fomen-

tar, desde el conocimiento, un mayor interés y futuras vocaciones hacía la actividad y carreras científicas en l@s alumn@s y, con especial interés, entre las niñas y adolescentes.

ORGANIZACIÓN Y ESQUEMA DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA

La organización de la propuesta promueve una experiencia de aprendizaje en torno a la reflexión, debate y práctica del análisis razonado sobre temáticas de relevancia, en relación al ámbito de los estudios sociales de la ciencia, con un enfoque de género. La propuesta didáctica se orienta al aprendizaje participativo con adolescentes de edades de entre 14 y 18 años, en la segunda etapa de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y con alumnos de Bachillerato. Son sus objetivos de partida el trabajo con información que contribuya a un mejor conocimiento de la aportación femenina histórica al estudio de la diversidad, biología y evolución humana, y eliminar sobre estos conocimientos los falsos prejuicios en torno a las erróneas asociaciones entre autoeficacia y capacidades diferenciales en función del género, con respecto a la práctica del trabajo en investigación científica. Desde este enfoque de educación no sexista y orientado al fomento de la igualdad educativa, se dará visibilidad a las contradicciones e inconsistencias de los discursos sexistas y los estereotipos en torno a las capacidades y vocaciones académicas diferenciales en función del género.

Con la disponibilidad de una información más completa en torno a la historia de los desarrollos de la ciencia moderna y sus protagonistas, se ofrece a l@s alumn@s una aproximación realista en torno al papel real de las mujeres en el ámbito académico y de su producción científica. Ello no sólo supone visibilizar y poner de relieve su importante contribución al avance del conocimiento científico, sino también ofrecer un conjunto de referentes femeninos visibles en el mundo de la ciencia, que sirvan como modelos para las nuevas generaciones.

El marco teórico en el que se encuadra la propuesta y actividad se apoya en los desarrollos y aportaciones de la historia de la ciencia y los estudios sociales de la ciencia, redefinidos como recurso didáctico en el aula [12,13], así como dentro del paradigma de la educación en la igualdad de oportunidades y en la diversidad [14], promoviendo ésta, tanto en el plano cultural (identidades colectivas, género...) como en el biológico (generaciones, variabilidad intra e intergeneracional) y psicológico (inteligencias múltiples, psicodiversidad, neurodiversidad...)

Con este planteamiento y enfoques, los objetivos generales de la propuesta serían:

- Educar en la igualdad y la diversidad.
- Ofrecer recursos para el pensamiento crítico y reflexivo respecto a los estereotipos y prejuicios de género.
- Promover el desarrollo de competencias en el aprendizaje cooperativo y por investigación.
- Reflexionar sobre el papel limitante de los factores sociales y estructurales en la percepción de autoeficacia y expectativas profesionales personales.
- Animar a pensar en torno a las múltiples opciones y posibilidades profesionales; y promocionar carreras científicas femeninas.

Y como objetivos específicos, señalamos los siguientes:

- Actitudinales: trabajar el razonamiento crítico para analizar problemas sociales estructurales, alentando la toma de decisiones y opinión, de modo reflexivo e informado.
- Conceptuales: aproximar al conocimiento de conceptos e informaciones clave en el ámbito de los estudios de género y, en particular, de los estudios sobre ciencia y género.
- Procedimentales: fomentar la capacidad de análisis e interpretación de datos en torno a los contextos sociales y sociohistóricos de los prejuicios y estereotipos de género.

METODOLOGÍA

La orientación metodológica del proyecto de intervención en el aula se fundamenta en estrategias de aprendizaje significativo, del aprendizaje por la investigación y en el paradigma del constructivismo cognitivo; para el desarrollo de habilidades y competencias prácticas de análisis e interpretación de datos sociales e información de naturaleza cualitativa, basándose en la participación, la experiencia y la comprensión

operativa de las técnicas, conceptos y destrezas adquiridas. Se parte del uso del “método de caso” como técnica fundamental y herramienta operativa para lograr un aprendizaje activo y significativo, por medio de la investigación y exploración en torno a los datos e información relevante y sus contextos.

La actividad se organiza en el aula como una tarea grupal supervisada por el docente, en la que se facilita el desarrollo del trabajo sistemático y por indagación, con la investigación dirigida u orientada como eje de la tarea. En ella el aprendizaje se entiende, dentro del marco psicopedagógico del constructivismo cognitivo y del paradigma de desarrollo de habilidades y competencias prácticas, como la generación procesual de conocimiento y de destrezas en los participantes. Al tiempo que estas herramientas y técnicas pedagógicas, la propuesta de intervención en el aula recurre a un conjunto de recursos conceptuales fundamentales para la comprensión de los fenómenos sociales y estructurales ligados a las desigualdades y prejuicios de género.

El trabajo con estos conceptos y los procesos sociales a los que se vinculan requiere de una introducción inicial del profesorado a los contextos de prejuicio, los problemas sociales y desigualdades generadas en torno al género. Con esta finalidad, se explica y presenta en el aula la definición de los conceptos fundamentales en el estudio de las desigualdades de género y sus múltiples dimensiones, los cuales se emplearán en el desarrollo de las actividades de trabajo, donde se recurrirá como categorías analíticas de utilidad a conceptos clave para entender las múltiples dimensiones de los contextos y situaciones estudiadas, desde una aproximación de género, como la construcción social del género o los “conflictos de roles” en la mujer profesional/científica, el denominado “síndrome de la impostora” (que frena su motivación y la dirige a su autodiscriminación), o el reto de la conciliación (la doble jornada, la sobrecarga diferencial de la vida doméstica y familiar) y sus frecuentes derivaciones en sentimientos de culpabilidad, generados por la injusta situación vivida de sobrecarga en las responsabilidades atribuidas al rol de género. Con sus derivadas en el “hándicap de la doble carrera” y la tendencia a facilitar en la pareja, preferentemente, la carrera del hombre. Y en el plano más estrictamente laboral, los fenómenos de desigualdad y discriminación abordados en los fenómenos del “techo de cristal” o de “escaleras rotas”, como segregaciones y limitaciones al ascenso vertical en función del género; o las “paredes de cristal” y el “efecto Token”, como limitaciones y exclusiones en el acceso a determinados sectores u ocupaciones, considerados con una marca de género. Discriminación que se extiende a los comportamientos sexistas reproducidos por mujeres en posiciones de poder, quienes ven estas prácticas como una vía de aceptación y logro de reconocimiento profesional, en el denominado “síndrome de la abeja reina” [15-17].

PROCEDIMIENTO DE LA ACTIVIDAD EN EL AULA

El procedimiento de intervención en el aula se explicita en una serie de talleres de trabajo, basados en una metodología participativa y reflexiva, en torno a los temas y tópicos ligados a la revisión de las biografías de una muestra de mujeres científicas, desde la aproximación a sus casos con un enfoque de estudios de género.

La operativa de la actividad en el aula se basó en la aplicación del método de estudio de caso y el trabajo colaborativo en grupo. Mediante la organización de los grupos o equipos de trabajo con un tamaño de 4 o 6 personas -máximo- (evitando grupos impares para eludir desacuerdos en las votaciones y las decisiones de puesta en común de los temas). La dinámica indicada a cada grupo por el docente parte de organizar la participación en el grupo, mediante la asignación de roles y reparto de papeles y tareas (un moderador, un secretario-redactor, un documentalista, un creativo, un encargado de supervisar tiempos...). Previo al inicio de la tarea en grupo, el profesor define las tareas y trabajos a desarrollar en el grupo: lectura del caso asignado, discusión en grupo, búsqueda de apoyo en otros datos complementarios, uso de fuentes (documentación, internet...), realización de anotaciones y registro de ideas, y redacción de conclusiones. Así también, previo al comienzo de la tarea, se indica y recuerda a l@s alumn@s cuestiones complementarias, pero fundamentales, como la conveniencia de respetar turnos de participación, ser tolerante a las opiniones diversas, dar apertura a los enfoques diversos y argumentar las opiniones de manera lógica y respetuosa.

La actividad se organiza y divide en 2 sesiones, separadas en el tiempo por un espacio de 4 semanas. En la primera sesión, se consideran y desarrollan los siguientes 4 momentos, con sus tareas correspondientes:

Momento 1: Planteamiento y exposición del tema de trabajo, seguido de debate y discusión en el aula en torno a las carreras científicas, los referentes científicos conocidos por l@s alumn@s y las expectativas personales de éstos, sobre las posibilidades percibidas de desarrollo de carrera profesional o académica (duración aproximada de 10 minutos).

Momento 2: Presentación de los casos y contextos sociales de las mujeres científicas españolas pioneras en el estudio de la diversidad, biología y evolución humana, enmarcando sus carreras y biografías en la reflexión general sobre las características específicas de sus recorridos vitales, circunstancias particulares y eventos principales que marcaron el rumbo de las carreras profesionales de estas mujeres científicas (duración aproximada de 15 minutos).



Figura 1. Evolución temporal de la situación y rol de las antropólogas españolas, en los distintos contextos y etapas de desarrollo de la disciplina.

Momento 3: Actividad dirigida de trabajo por grupos, en torno al tema, apoyada por el profesor y orientada a la reflexión en torno a las carreras profesionales y académicas de los casos planteados, sus características y particularidades. Se inicia tras el reparto aleatorio a cada grupo de uno de los cuatro posibles casos (duración aproximada de 15 minutos).

Una vez asignado el caso a cada grupo, y leído por sus miembros, se plantea el trabajo y reflexión sobre las siguientes preguntas propuestas, para debatir y anotar conclusiones:

- ¿Cuáles piensas que fueron las principales dificultades en el desarrollo de la carrera científica y académica de la autora?
- ¿Cuáles piensas que fueron los principales retos a afrontar en su historia personal, para el desarrollo de la carrera científica y académica de la autora?
- ¿Crees que en el caso de la autora cabe identificar algunos de los fenómenos característicos de las dificultades en el desarrollo de las carreras profesionales femeninas?, ¿podrías señalar cuál?
- ¿Cómo piensas que se podría afrontar o dar solución a estas dificultades personales?
- Y ¿piensas que, en el contexto personal, social e histórico de la autora sería ello posible?, ¿por qué?

Momento 4: Exposición de los resultados de cada grupo y puesta en común de las observaciones y cuestiones identificadas (con una duración aproximada de 20 minutos).



Figura 2. Modelos de “fichas de trabajo”. Análisis de casos particulares de biografías de científicas españolas.

Transcurrido un periodo de, aproximadamente, 4 semanas, se plantea una “segunda sesión” dedicada a una nueva revisión del tema y de las argumentaciones presentadas por los distintos grupos, en torno a las cuestiones planteadas y trabajadas en grupo durante la sesión primera (el papel y presencia de las mujeres en la historia de la ciencia; los retos, dificultades y limitaciones sociales, estructurales y culturales en el desarrollo de sus carreras; las condiciones particulares en los casos estudiados...). Cabe señalar que, durante el tiempo de intervalo entre las dos sesiones, se llevarán e introducirán en las clases, regularmente, algunas sugerencias e ideas que retomen cuestiones tratadas sobre las mujeres en la ciencia, que apoyen y animen a retomar la reflexión sobre esta cuestión. Con el mismo fin, se les solicitará a l@s alumn@s la participación y aportación de comentarios en relación a las frases e ideas traídas al aula.

La organización de esta segunda sesión parte de un “Momento 1” (con una duración estimada para esta parte de la sesión de 30 minutos) donde el profesor, tras un periodo de reposo, personalización y reflexión de las ideas trabajadas en la “sesión 1”, retoma la exposición del tema, plantea preguntas y promueve la discusión orientada a observar los posibles cambios producidos en las percepciones en torno a cómo se desarrollan las carreras profesionales de las mujeres científicas, en relación a sus contextos y condiciones sociales y culturales. Igualmente, sobre el grado de valoración y reconocimiento observado de la producción científica de éstas. En otros ámbitos, el profesor incluye, dentro de las cuestiones a consultar en la segunda sesión, la valoración y sondeo del nivel de conocimientos consolidados y el recuerdo por parte de l@s alumn@s de las personas estudiadas en los casos presentados, sus principales aportaciones en los ámbitos científicos del estudio de la biodiversidad y evolución humanas, y los retos vividos en el desarrollo de sus trabajos. También se consulta a l@s alumn@s sobre su opinión y expectativas frente a la percepción de su futura carrera profesional, siendo especialmente interesante la observación de las respuestas diferenciadas en función del género.

En un “Momento 2” de esta segunda sesión, el profesor pone en común las principales observaciones registradas y presentadas por l@s alumn@s en esta revisión del debate. Y se expone a la clase un resumen de las ideas y conclusiones clave, en una presentación de síntesis de la actividad, con una duración estimada de 20 minutos.

RESULTADOS ESPERADOS

El resultado esperado de la actividad se asocia, en primer lugar, a una mejora en los recursos personales de l@s alumn@s para afrontar, de manera reflexiva y práctica, el análisis crítico y riguroso de problemáticas sociales de relevancia, tal como sería, en nuestro caso, la revisión y desmontaje de los prejuicios y estereotipos de género. Y, en particular, en torno a la mujer y la práctica de las disciplinas científicas [18,19], así como lograr, en el caso de las niñas y las adolescentes, una mejora en la autoeficacia percibida frente al estudio y desempeño de la actividad científica, favoreciendo su confianza y autoestima en las posibilidades de desarrollar carreras profesionales en el ámbito científico. A ello ayuda la tarea de hacer explícitas las falsedades de los mitos y estereotipos en torno a las chicas y las ciencias, así como exponer, de manera realista, los retos y las oportunidades para el desarrollo de las carreras profesionales por parte de las niñas y adolescentes actuales, como nuestras científicas futuras.

EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

Para la evaluación y seguimiento del impacto y el logro alcanzado con esta actividad de intervención didáctica sobre distintos niveles y ámbitos de mejora en el alumnado, seguiremos el referente del modelo de evaluación de la formación de KirkPatrick y sus cuatro niveles de análisis [20]. En una primera fase, mediante la valoración de la satisfacción con la sesión de trabajo y su desarrollo, tanto a través de las dificultades y líneas de mejora identificadas por el docente en el ejercicio de la práctica en el aula y su operativa, como con la retroalimentación recibida con la opinión y percepción de la actividad en el grupo de alumn@s (nivel I: satisfacción). A continuación, mediante una evaluación posterior, a partir de la información recopilada en la segunda sesión de la actividad (transcurridas 4 semanas de la “sesión 1”). En ésta, con ocasión de la discusión y diálogo en el aula, se genera un marco de utilidad para la valoración de los resultados e impacto

de la actividad, a través de la observación del efecto de la primera sesión de trabajo, en términos de los conocimientos consolidados en el ámbito de los análisis de género (nivel 2: aprendizaje y conocimiento adquirido), los cambios en las actitudes, opiniones y percepciones en torno a la relación entre el género y las competencias, aptitudes y roles profesionales (nivel 3: comportamientos y actitudes adoptados), y los efectos e impactos observables en relación a los objetivos generales de la actividad, tal como la mejora en la valoración y atracción por las ciencias (con independencia del género) y la supresión de prejuicios y estereotipos de género en torno a las competencias para las ciencias (nivel 4: resultados e impactos alcanzados).

CONSIDERACIONES FINALES Y PROPUESTAS DE CONTINUIDAD

La reflexión en torno al modelo propuesto de intervención en el aula nos conduce a interesantes consideraciones sobre sus posibilidades, pero también en torno a sus posibles limitaciones prácticas, que deberán ser atendidas en futuros diseños e intervenciones. Por ello, fundamentalmente, se dará continuidad a la mejora del proyecto de propuesta didáctica, a través del ajuste de su procedimiento y operativa con el pilotaje y aplicación adaptada de la misma a los requerimientos observables en los contextos y las situaciones particulares de la intervención. Con esta finalidad, la propuesta se validará y ajustará mediante el pilotaje en el curso académico 2022-2023, dentro en los niveles de 2º nivel de la ESO y Bachillerato, en un centro de enseñanza secundaria colaborador con el proyecto en la Comunidad de Madrid. Se incorporarán las actualizaciones precisas al modelo de aplicación en el aula, al considerar posibles modificaciones o adaptaciones a las características del grupo diana (edad, nivel de madurez y otras características del grupo) o de su entorno y marco de aplicación (p.ej. ajustes operativos que puedan surgir de los acuerdos con las pautas y políticas de la dirección del centro, adaptaciones a las directrices y objetivos del programa docente del centro...).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] HARRISON, A. (ed.) (1964) *Teaching and research in human biology*. New York, Pergamon Press.
- [2] KIRKPATRICK, S., LUND, L.D., LONDON M.R. (2013) The art of teaching anthropology: examples from biological anthropology. En KIRKPATRICK, S., LUND, L.D., LONDON, M.R. (eds.) *The art of teaching anthropology*. London, Royal Anthropological Institute, pp. 303-354.
- [3] STRKALJ, G. (ed.). (2013) *Teaching human variation: issues, trends and challenges*. London, Nova Science Publ. Inc.
- [4] MARRODÁN, M.D., HERRÁEZ, A., GONZÁLEZ, M. (2011) Enfoques formativos de biodiversidad humana para secundaria y bachillerato. En GONZÁLEZ, M., BARATAS, A. (eds.) *Investigación y didáctica para las aulas del siglo XXI: Actas del I Congreso de Ciencias de la Naturaleza*. Madrid, Santillana, pp. 83-93.
- [5] TOMÁS-CARDOSO, R. (2021) Presencia y papel de las mujeres en el desarrollo de la antropología física española: visibilizando a las pioneras de la disciplina. *Revista Española de Antropología Física* 44, 47-63.
- [6] MAGALLÓN PORTOLES, C. (2004) *Pioneras españolas en las ciencias*. Madrid, CSIC.
- [7] ALCALÁ CORTIJO, P. (1996) Españolas en el C.S.I.C. Presencia y status de las mujeres en la investigación científica española, 1940-1993. En ORTIZ, T., BECERRA, G. (eds.) *Mujeres de ciencias. Mujer, feminismo y ciencias naturales, experimentales y tecnológicas*. Granada, Universidad de Granada. pp. 61-76.
- [8] MARTÍ, V.M., SOLÉ, M., VILLAR, F. (2010) *Doctas, doctoras y catedráticas. Cien años de acceso libre de la mujer a la universidad*. Barcelona, Generalitat de Catalunya.
- [9] MATILLA, M.J., MÓ-ROMERO, E. (2014) De la excepción a la normalidad: Mujeres científicas en la historia. *Encuentros Multidisciplinares* 47, 1-10.

- [10] PRIETO, R. (1987) Acerca de la feminización de la población universitaria. En LERENA, C. (ed.) *Educación y Sociología en España. Selección de textos*. Madrid, Editorial Akal. pp. 309-354.
- [11] BECERRA CONDE, G., ORTIZ GÓMEZ, T. (1996) *Mujeres de ciencias: mujer, feminismo y ciencias naturales, experimentales y tecnológicas*. Granada, Universidad de Granada.
- [12] REPETTO JIMÉNEZ, E. (2007) *La historia de la ciencia: su utilización como recurso didáctico*. Las Palmas de Gran Canaria, Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la U.L.P.G.C.
- [13] CASTRO, E., GÓMEZ, P., LLAVONA, L. (2012) La historia de la ciencia como recurso didáctico en física y química desde un punto de vista constructivista. *Tiempo y Sociedad* 8, 68-88.
- [14] INSTITUTO DE LA MUJER (2015) *Guía de buenas prácticas de educación en igualdad en Europa*. Madrid, Instituto de la Mujer y para la Igualdad de Oportunidades.
- [15] ALCALÁ CORTIJO, P. (coord.) (2005) *Mujer y ciencia: La situación de las mujeres investigadoras en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología*. Madrid: FECYT.
- [16] ANDINO, S., AMIGOT, P. (2001) Género y estatus académico: la carrera docente y la participación en puestos de responsabilidad de las mujeres. En PÉREZ, E., SEDEÑO, E., ALCALÁ, P. (coords) *Ciencia y género*. Ed. Complutense, Madrid. pp. 25-30.
- [17] CUADRADO, I., NAVAS, M., MOLERO, F. (2006) *Mujeres y liderazgo. Claves psicosociales del techo de cristal*. Madrid, Sanz y Torres.
- [18] FOX KELLER, E. (1991). *Reflexiones sobre género y ciencia*. Valencia, Editorial Alfons El Magnanim- Generalitat Valenciana.
- [19] MAÑERU, A., BELMONTE, C. (2001) *La otra mitad de la ciencia*. Madrid, Instituto de la Mujer.
- [20] KIRKPATRICK, D.L. (1994) *Evaluating training programs: the four levels*. San Francisco, Berrett-Koehler Publishers.

La ciencia fuera del aula

TALLERES MEDIOAMBIENTALES EN EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES (MNCN). “EL MUSEO SE COMPROMETE ¿Y TÚ?”

Luis Barrera Picón y Pilar López García-Gallo

Departamento de comunicación y programas públicos. Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC), Madrid (España).

Dirección de correspondencia: barrerapicon@yahoo.es

Palabras clave: divulgación científica; ciencias naturales; museo; medio ambiente; contaminación; cambio climático; objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Keywords: scientific divulgation; natural sciences; museum; environment; pollution; climate change; sustainable development goals (SDG).

Resumen

Con el nombre de “El Museo se compromete ¿y tú?”, el MNCN puso en marcha un programa de actividades sobre sostenibilidad y medioambiente donde se mostraron diversos temas como la gestión de residuos, las energías renovables, la contaminación del agua o el consumo energético.

Este programa se enmarca en el proyecto “¡Hágase la luz! Cómo los conocimientos científicos y tecnológicos harán que los ciudadanos mejoren sus condiciones ambientales y económicas”.

Las actividades se realizaron durante los meses de marzo, abril y mayo de 2021 durante los fines de semana.

Abstract

Under the name “The Museum is committed, and you?” The MNCN launched a program of activities on sustainability and the environment where various topics were shown, such as waste management, renewable energies, water pollution or energy consumption.

This program is part of the project “Let there be light! How scientific and technological knowledge will help citizens improve their environmental and economic conditions”.

The activities were carried out during the months of March, April and May 2021 during the weekends.

INTRODUCCIÓN

El Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) es uno de los institutos de investigación en ciencias de la naturaleza más importantes del país. Depende del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y cuenta con una plantilla de más de 70 investigadores en diferentes áreas, desde la paleontología y geología hasta la ecología, biodiversidad y cambio climático.

Los museos representan un excelente recurso didáctico debido a que permiten originar experiencias educativas a partir de objetos reales, de tal forma que los procesos de codificación del conocimiento se conforman por medio de representaciones cognitivas que no están basadas en conceptos verbales, sino en experiencias vivenciales. [1-3]

Este trabajo tiene como objetivo dar a conocer el programa de talleres con temáticas medioambientales que se realizó en el año 2021 en el MNCN. Los talleres-laboratorio permiten investigar procesos y reacciones que les resultaría difícil de comprender con la simple contemplación de los objetos expuestos. Al mismo tiempo, ofrecen la posibilidad de manipular objetos y materiales. También se utilizan fichas de trabajo y cuadernos de campo diseñados especialmente para el taller, donde se anotan los resultados de la experiencia, y documentos de consulta para dar respuesta a las diferentes dudas. [4-5].

Con el proyecto “¡Hágase la luz! Cómo los conocimientos científicos y tecnológicos harán que los ciudadanos mejoren sus condiciones ambientales y económicas” se plantea una serie de objetivos:

- Elaborar 4 talleres sobre medio ambiente, en colaboración con la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), en base a contenidos aportados por estudiantes de magisterio y utilizando metodología experimental, sistemática que utiliza el Museo en la mayor parte de sus talleres laboratorio.
- Vincular los resultados de proyectos de investigación y desarrollar estrategias que propicien la cocreación y la participación de otros colectivos como estudiantes y profesores de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), conjuntamente con personal del Museo.
- Facilitar a los ciudadanos, a través de la formación científica, una mejora de la relación con su entorno, ahorrar energía y recursos, mejorando las condiciones medioambientales del planeta.
- Fomentar el comportamiento responsable del uso de recursos ambientales: energía, consumo, residuos, agua y espacios verdes.
- Analizar el impacto que una actividad lúdico-educativa, de una hora y media de duración, tiene en las familias participantes a corto y medio plazo (evaluación y estudio de público).
- Avanzar en el sector de creación de tejido social comprometido con la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

El proyecto fue financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) dentro del ciclo “Acciones de la sociedad para mejorar el medio ambiente”.

A partir de una serie de propuestas de estudiantes de magisterio se elaboraron, por parte del MNCN, 4 talleres experimentales con los que se trabajaron las siguientes líneas conceptuales:

- Uso eficiente de los recursos energéticos, con el taller “¡Hágase la luz!”
- Economía circular y residuos, con el taller “R que R. Reduce, reutiliza y recicla”.
- Alternativas energéticas e impactos asociados, con el taller “Energías renovables por una ciudad verde”
- Importancia del agua, con el taller “El agua, fuente de vida para todos.”

Los destinatarios de la acción fueron familias con niños a partir de 6 años, por lo que los contenidos y método tuvieron que ser fácilmente adaptables a ese amplio intervalo de edad; adultos y niños de la misma familia trabajaban juntos, con lo que se elaboraron elementos didácticos visualmente atractivos y comprensibles para todas las edades.

Metodológicamente, la dirección técnica del museo marcó unas pautas comunes a la hora de diseñar los talleres: se buscaba que los participantes, a través de la indagación, se planteasen hipótesis y que, por medio de la experimentación, las dieran por válidas o las descartasen. Esta metodología de aprendizaje experimental por descubrimiento dirigido está basada en el método científico y es común a los 4 talleres que se han creado.

Dentro del plan de comunicación y difusión del programa se utilizaron diferentes elementos como la web del MNCN, newsletter, envío de correos electrónicos a familias que han participado en otras actividades del Museo, cuentas de redes sociales del MNCN (<https://www.facebook.com/mncncomunica>; Twitter @MNCNcomunica; Instagram @museocienciasmadrid;) y notas de prensa: <https://www.mncn.csic.es/es/Comunicaci%C3%B3n/el-mncn-y-el-rjb-se-suman-la-iniciativa-el-decenio-de-la-onu-para-la-restauracion-de>

DESCRIPCIÓN DE LOS TALLERES MEDIOAMBIENTALES Y ACTIVIDADES ASOCIADAS

Se programaron un total de 4 talleres en los que podrían participar un máximo de 4 familias por actividad, con 5 personas por grupo familiar (medida COVID). Se realizaron durante los sábados y domingos de los meses de marzo, abril y mayo de 2021. Todos los talleres tuvieron una duración aproximada de una hora y media.

Descripción de los cuatro talleres:

Antes de dar comienzo a los talleres los participantes rellenaban un cuestionario inicial en formato digital para poder evaluar los conocimientos previos. Seguidamente se realizaba una introducción al programa y se definían 3 conceptos claves: cambio global, antropoceno y objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Todas las actividades terminaban con una reflexión de lo trabajado y la realización de un cuestionario final del programa, donde se evaluaban los contenidos que habían adquirido en el desarrollo de la actividad y el grado de satisfacción con la misma. Toda la familia en conjunto consensuaba las respuestas.

Taller “¡Hágase la luz!

Taller-laboratorio donde se pretendía que los participantes identificasen distintos tipos de bombillas, aprendiesen a diferenciar cuáles son las más respetuosas con el medio ambiente y experimentasen con distintos tipos de elementos luminiscentes que existen en el mercado.

Contenidos: ¿Qué es una bombilla? Tipos. Ventajas y desventajas. Flujo de luz. Luxómetro. Temperatura de color. Bioluminiscencia y ejemplos en el medio natural.

Fases del taller:

1. **Introducción.** Cómo funciona una bombilla.
2. **Observación del flujo de luz.** Práctica para observar el flujo de luz con diferentes tipos de bombillas. Toma de datos.
3. **Luxómetro y temperatura de color.** ¿Qué es un luxómetro? ¿Qué son los lúmenes? Utilización del luxómetro con diferentes bombillas. Toma de datos. Explicación del concepto “Temperatura de color”.
4. **Bioluminiscencia. Fluorescencia y fosforescencia.** Bioluminiscencia. Animales bioluminiscentes. Demostración fluorescencia con luz ultravioleta (U.V.) (Fotoluminiscencia). Búsqueda de información de “¿Qué es la bioluminiscencia?” y prueba de la bioluminiscencia.
5. **Finalización y puesta en común.**

Taller “R que R. Reduce, reutiliza y recicla”.

El objetivo que se planteó al diseñar este taller fue despertar en las familias la necesidad de reciclar correctamente los envases y conocer cuántos tipos de contenedores y opciones de reciclaje existían.

Contenidos: ¿Qué son las 3 R? Materias primas. Separación de residuos. Sostenibilidad. Economía circular. Reutilización para evitar consumos.

Fases del taller:

1. **Introducción.** Visualización del vídeo “Reducir, Reutilizar y Reciclar. Para mejorar el mundo”. Vídeos educativos para niños. Del canal de acceso libre “Happy Learning”.
https://www.youtube.com/watch?v=cvakvFXj0KE&ab_channel=HappyLearningEspa%C3%BIol
2. **Dinámica sobre materias primas.** Juego para relacionar las materias primas con los residuos que generan.
3. **Juego separación de residuos.** Dinámica para separar residuos reales en el que además se aprende a **diferenciar entre los envases que son más fáciles de reintroducir en la cadena de producción.**
4. **Manualidad con residuos.** Reutilización de residuos para realizar una manualidad artística.
5. **Finalización y puesta en común.**

Taller “Energías renovables por una ciudad verde”

Con este taller, eminentemente experimental y lúdico, los participantes descubrieron cuáles eran las consecuencias del uso de algunas energías no renovables, qué eran las energías renovables y cuáles algunos de sus beneficios. Y cómo tendría que ser una ciudad sostenible.

1. **Introducción.** Visualización del video “Las energías renovables. Tipos de energía para niños”. Del canal de acceso libre “Smile and Learn”. <https://www.youtube.com/watch?v=4eEri5RivV8>
2. **Investigación con fichas didácticas sobre energías renovables y no renovables.** Relación de renovables con minerales necesarios para poder desarrollarlas.
3. **Experimento acidificación de los océanos.** Efectos que tiene el uso de las energías no renovables, el transporte, industria, etc., ya que producen el aumento de CO₂ y el efecto invernadero. Experimentación de cómo la acidificación de los océanos hace que se desprenda más CO₂ a la atmósfera.
4. **Dinámica ciudad sostenible-impacto ambiental.** Cada familia tendría que crear su ciudad sostenible, por medio de un paisaje y fichas imantadas. En total, los participantes, dispusieron de 16 modelos de fichas diferentes para completar su paisaje.

En la **figura 1** puede verse a un niño mostrando su modelo de “Ciudad sostenible” con el panel y las fichas que ha decidido usar:

5. **Fabricación de pila de limones.** Demostración de la necesidad de buscar alternativas energéticas sostenibles y 100% limpias. Transformación de energía química a eléctrica.
6. **Elaboración de un modelo de cocina solar.**
7. **Finalización y puesta en común.**

Taller “El agua, fuente de vida para todos.”

Con este taller laboratorio se pretendía poner en valor el agua como elemento vital y escaso que tenemos que proteger. En esta actividad se convirtieron en investigadores y descubrieron conceptos como huella hídrica o agua virtual y aprendieron el camino que sigue el agua desde que sale de los ríos y lagos y llega a nuestras casas hasta que vuelve a ellos.

Contenidos: Contaminación y depuración del agua. Huella hídrica. Ciclo del agua.

Fases del taller:

1. **Introducción.** Reflexión sobre ciclo de agua y la disponibilidad desigualitaria de la misma.
2. **Ensayo de contaminación del agua.** Los participantes se convertían en auténticos investigadores para realizar el análisis de 3 indicadores: pH, cobre y cloro.
3. **Depuración del agua.** Visualización del vídeo “La depuración didáctica del agua”, del canal de acceso libre GoEduca de Global Omniun. <https://www.youtube.com/watch?v=pLTyLp532aY>
Realización de una práctica de separación de un agua contaminada por diversos residuos (desde sólidos a diferentes líquidos).
4. **Juego de la huella hídrica.** Coste hídrico que tienen los distintos elementos para su generación.
5. **Finalización y puesta en común.** Reflexión acerca de nuestros hábitos de consumo.



Figura 1. Niño con modelo de “Ciudad sostenible”.

FESTIVAL: PONLE FRENO AL CAMBIO CLIMÁTICO: EL MUSEO SE COMPROMETE ¿YTÚ?

Asociado con el proyecto y las actividades programadas se realizó un evento en el que participaron los usuarios de los talleres y público del Museo.

Para la divulgación del evento, aparte del contacto directo con los participantes del programa, se incluyó en una nota de prensa, se publicó en la página web del Museo y se elaboró una newsletter. Con todo ello, se consiguió una participación de 550 personas que era el máximo de participantes que se permitía en el Museo con las restricciones que tenía de aforo en ese momento.

Algunas de las actividades que se ofrecieron fueron:

1. Anfibios animales en peligro
2. Líquenes del suelo
3. Especies invasoras
4. Comida sostenible
5. Mar y océanos
6. Ilustración científica accesible
7. Reforestación natural: bombas de semillas
8. Planeta insecto
9. Mesas demostrativas talleres “El museo se compromete”
10. Teatro de Guiñol “Veo, veo, biomas”. 3 pases
11. Monólogos científicos

RESULTADOS

Datos de participación en las actividades del programa:

ACTIVIDAD	DATO DE PARTICIPANTES
HÁGASE LA LUZ	51
R QUE R	81
ENERGÍAS RENOVABLES	87
EL AGUA FUENTE DE VIDA	81
ACTIVIDAD DÍA DE LOS MUSEOS	40
FESTIVAL PONLE FRENO AL CAMBIO CLIMÁTICO	550
TOTAL PARTICIPACIÓN	890

Evaluación

Para el estudio de evaluación de las actividades se crearon 3 modelos diferentes para cada uno de los 4 talleres; a ocho de esos formularios se accedía a través de la web del Museo, mientras que al modelo 3 de cada una de las actividades sólo se podía acceder por medio de un enlace que se enviaba desde el servicio de reservas.

Modelo 1. Este formulario se pasaba antes del comienzo de las actividades y reflejaba el perfil de los participantes y de qué conocimientos se partían. Las preguntas conceptuales eran comunes al modelo 2.

Modelo 2. Este formulario se pasaba al finalizar las actividades. Al realizar la comparativa entre el modelo 1 y el modelo 2, se aprecia qué contenidos han adquirido durante la actividad. Además, este modelo contenía la valoración del desarrollo de la actividad y del trabajo de los educadores.

Modelo 3. Con este formulario, que se enviaba por correo electrónico desde el servicio de reservas, se trataba de evaluar cómo se había influido en la actitud de la familia pasado un tiempo (entre 20 y 40 días) del desarrollo de la actividad.

El contenido de las encuestas se desarrolló por todo el equipo MNCN-Universidad Complutense con especial participación de los miembros de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense quienes validaron las preguntas previamente.

1. Adquisición de conocimientos:

Los cuestionarios 1 y 2 de los cuatro talleres tenían una parte común compuesta por 4 preguntas genéricas, que pasamos a analizar a continuación de forma global. Se ha comparado el porcentaje de respuesta correcta en la encuesta inicial y en la final. Todas las preguntas eran abiertas y los participantes debían escribir una respuesta desarrollada.

Pregunta 1: ¿Sabéis qué es el cambio global?

Pregunta 2: ¿Sabéis qué son los ODS?

Pregunta 3: ¿Sabéis cuáles son, en la actualidad, los principales problemas del medio ambiente?

Pregunta 4: ¿Sabéis qué es el antropoceno?

Para el análisis de los resultados se han tenido en cuenta 57 respuestas de la pregunta 1, 60 de la pregunta 2, 58 de la pregunta 3 y 59 de la pregunta 4.

La **figura 2** muestra que, a nivel general, ha habido una mejora de los resultados en la encuesta final, comparada con la inicial. Estos porcentajes también demuestran que los conceptos tratados en cada pregunta eran más o menos conocidos por los participantes.

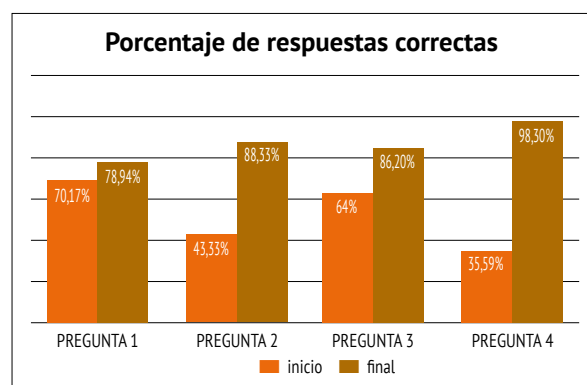


Figura 2: Adquisición de conocimientos.

2. Cambios actitudinales:

El objetivo era analizar el compromiso adquirido por los participantes tras la realización de las actividades, entre 20 y 40 días después del desarrollo de la actividad. Estas encuestas fueron diferentes a las que respondieron inicialmente y fueron totalmente anónimas ya que el objetivo era analizar de forma global el aprendizaje adquirido.

En la **figura 3** se muestran los resultados actitudinales en relación a las actividades cotidianas.

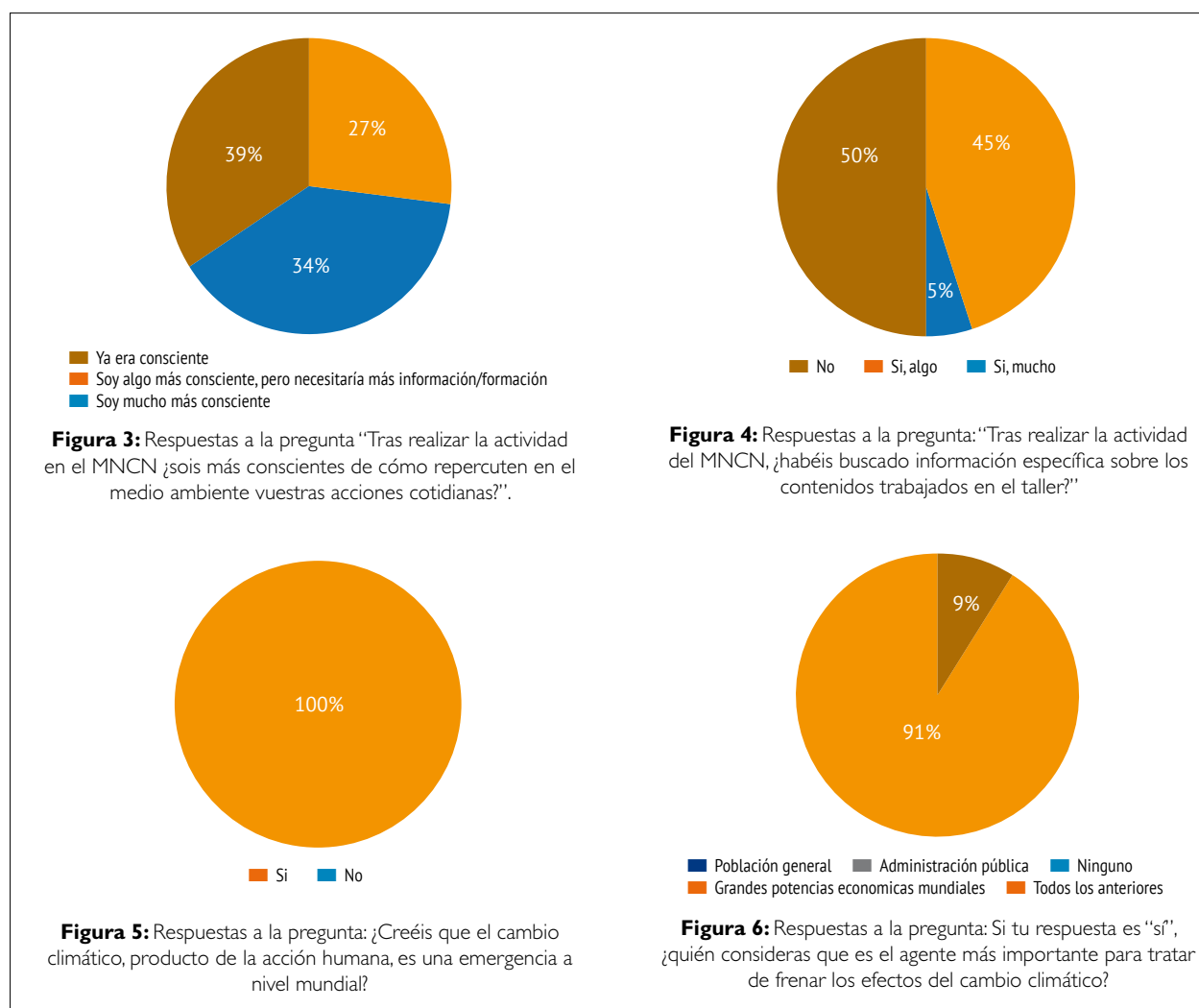
Como se observa en la figura, el 39% de los encuestados afirmó que ya era consciente de la repercusión de sus acciones sobre el medio ambiente, pero el segundo dato más alto indica que el 34% de los participantes es mucho más consciente de ello gracias a los talleres del MNCN.

Es importante destacar que el público demanda más información y formación sobre el impacto de las acciones humanas en el medio ambiente para poder adquirir consciencia y cambiar hábitos.

La **figura 4** muestra los cambios actitudinales respecto a la búsqueda de más información tras el taller. Se observan resultados igualados en lo que respecta a la búsqueda de información sobre los contenidos trabajados en los talleres, ya que un 50% afirmó haber buscado algo o mucha información, mientras que el otro 50% indicó no haber buscado nada de información.

La **figura 5** muestra la percepción de los participantes sobre si el cambio climático supone una situación de emergencia global. Los resultados obtenidos en el análisis de esta pregunta son contundentes, ya que el 100% de los encuestados afirmaron ser conscientes de que el cambio climático es una emergencia a nivel mundial, lo que da idea del grado de concienciación de la población encuestada.

La **figura 6** muestra la opinión de los participantes sobre quién sería el agente más importante para frenar los efectos del cambio climático.



En esta ocasión lo que se observa es que la mayoría de los encuestados, un 91%, consideran que tanto la población general como las potencias económicas y la administración pública son los agentes que deben tomar parte en la lucha contra el cambio climático.

CONCLUSIONES

- En las evaluaciones se observa que, inicialmente, los participantes ya tenían conocimiento alto en algunas preguntas realizadas, a pesar de que la mayoría (un 67%) no tenían una formación o trabajo relacionado con la ciencia.
- Prácticamente en todas las preguntas hubo un mayor porcentaje de respuestas correctas en las encuestas finales frente a las iniciales, lo que indica cierto grado de aprendizaje.
- En la evaluación del compromiso se observó un aumento en el grado de interés y concienciación tras la realización de los talleres y, en la mayor parte de los casos, hubo incluso un cambio en el comportamiento y en los hábitos de consumo hacia un estilo de vida más sostenible.
- La valoración general de las actividades fue muy buena, habiendo recibido muchos comentarios positivos, demandando más información y talleres.
- La realización de este tipo de programas es totalmente necesaria y, por tanto, desde el MNCN se seguirá trabajando en esta línea.

REFERENCIAS

- [1] GARCÍA BLANCO, A. (1988). *Didáctica del Museo. El descubrimiento de los objetos*. Ediciones de la Torre, Madrid.
- [2] BAILEY, E. (1999). *School Groups Visits to Museums*, unpublished report.
- [3] CUESTA, M. (et al.), (1998). *Centros de ciencia: espacios interactivos para el aprendizaje*. Servicio Editorial del País Vasco, Bilbao.
- [4] PASTOR, I. (2004). *Pedagogía museística nuevas perspectivas y tendencias actuales*. Ariel S.A., Barcelona.
- [5] RAMÍREZ, D.; LÓPEZ GARCÍA-GALLO, P. (1994). *En torno a las exposiciones: actividades paralelas*. IX Jornadas Estatales DEAC Museos, Jaén.

DISEÑO Y CONFECCIÓN DE UN JUEGO DE MESA: “OUTBREAK: EL MISTERIOSO CASO DEL BROTE DE LEISHMANIOSIS DE MADRID”

Ángela Bermejo San Frutos¹, Rosa Gálvez Esteban²

¹ Departamento de Didácticas Específicas de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid.

² Departamento de Didácticas Específicas de la Facultad de Formación del Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid.

Dirección de correspondencia: angela-bermejo@hotmail.com

Palabras clave: leishmaniosis; juego de mesa; aprendizaje basado en juegos (ABJ); enfermedades emergentes; educación ambiental; objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Keywords: leishmaniosis; board game; game-based learning (GBL); emerging diseases; environmental education; sustainable development goals (SDGs).

Resumen

La reciente pandemia de COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia del impacto del ser humano sobre el medio en la aparición de brotes de enfermedades emergentes. Por esto, se ha diseñado el material didáctico (basado en la metodología de ABJ) “*Outbreak: el misterioso caso del brote de leishmaniosis de Madrid*”, centrado en el estudio del brote de leishmaniosis humana imperante en la zona sur de la Comunidad de Madrid desde finales del año 2009. Así, el alumnado podrá desarrollar la competencia científica, además de potenciar el aprendizaje significativo, el pensamiento crítico y acercar la ciencia a las nuevas generaciones promoviendo la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Abstract

The recent COVID-19 pandemic has highlighted the importance of the impact of human beings on the environment in the appearance of emerging disease outbreaks. For this reason, the didactic material called “*Outbreak: el misterioso caso del brote de leishmaniosis de Madrid*” has been designed (based on the GBL methodology) to study the prevailing human leishmaniasis outbreak in the southern area of the Community of Madrid since the end of 2009. Thus, students will be able to develop scientific competence, which is so necessary for the design, collection and analysis of data in any scientific study. Likewise, the aim is to promote meaningful learning, bring science closer to the new generations and promote the Sustainable Development Goals (SDGs).

INTRODUCCIÓN

1.1. LA ENTOMOLOGÍA EN LAS AULAS Y LAS ENFERMEDADES EMERGENTES

La entomología médica ha sido relativamente inexplorada como recurso pedagógico. Sin embargo, debido a que los insectos y otros artrópodos desempeñan un papel en la transmisión de enfermedades [1], todos los planes de estudios de biología de los centros de educación secundaria dan alguna mención, aunque escasa, a enfermedades y problemas de salud pública tales como la fiebre amarilla, malaria, peste, enfermedad de Lyme, etc. [2]. Esta relación entre los insectos y la salud pública ofrece muchas oportunidades para ir más allá de los contenidos teóricos sobre los ciclos y las vías de transmisión de las enfermedades. Algunos materiales curriculares de ciertos países han incorporado un enfoque de “estudio de caso” para las enfermedades transmitidas por artrópodos, como es el caso del trabajo realizado por Anderson y Stubbs [1] para el estudio de la enfermedad de Lyme. Para las enfermedades transmitidas por mosquitos, Spray [3] hizo lo propio,

especialmente para los niveles de preescolar. En esta línea, la educación ambiental, en las últimas décadas y con la creciente preocupación por el estado del planeta, ha generado numerosos recursos para que los centros educativos trabajen estos temas, entre los cuales se encuentran algunos relacionados con insectos y transmisión de enfermedades [4]. Adicionalmente, un programa de mejora de profesores de biología en la Universidad de Wisconsin, en Madison, ha combinado los esfuerzos de científicos y docentes para criar mosquitos en el aula [2], con el fin de conseguir una docencia holística y precisión científica para los estudiantes de secundaria. Como ejemplo adicional, en varios centros de educación secundaria se han llevado a cabo investigaciones de los efectos de la temperatura y del humo del tabaco en el desarrollo de larvas de mosquitos, con excelentes resultados [5].

En este ámbito es de destacar el famoso proyecto realizado en un centro escolar de Estados Unidos con el propósito de averiguar si las abejas eran capaces de identificar una combinación de colores y llevar a cabo relaciones espaciales para buscar alimento [6]. Los estudiantes, entre 8 y 10 años, fueron los encargados de hacer las preguntas, formular hipótesis basadas en dichas preguntas, diseñar los juegos (en otras palabras, los experimentos) para probar estas hipótesis y analizar los datos. Gracias a este proyecto los estudiantes no solo comprobaron su hipótesis inicial, sino que afirmaron descubrir que *“la ciencia es genial y divertida porque permite hacer cosas que nadie ha hecho antes”*. Dicho de otro modo, demostraron que cualquier persona puede hacer ciencia, incluidos los niños, y la gran relevancia de ésta en la vida de los estudiantes. Incluso publicaron sus resultados científicos en la prestigiosa revista científica *“Biology letters”* que presentaba en el año 2010 un índice de impacto de 3,651 y estaba en el cuartil I de las revistas que publican contenidos de biología [6]. El proceso de la ciencia es poco diferente al juego: la ciencia es el proceso de jugar, con reglas, que permite revelar patrones de relaciones nunca vistos, ampliando la comprensión de la naturaleza. Cuando se piensa de esta manera, la educación científica se convierte en un proceso más ilustrado e intuitivo donde hacer preguntas e idear experimentos para abordarlas.

Por último, hay que destacar que nuestro grupo de investigación ha iniciado el desarrollo de secuencias didácticas basadas en el estudio de los insectos transmisores de la leishmaniosis, los flebotomos [7]. En grupos colaborativos se ha diseñado la construcción de trampas de luz (hazlo tú mismo) para capturar flebotomos con materiales reciclados [8]. Dichos prototipos han servido para que tanto investigadores de países en vías de desarrollo como alumnos a través de la ciencia ciudadana se beneficien de estos materiales publicados en abierto y cuya eficacia ha sido ensayada [9].

1.2. LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Como consecuencia de la crisis ecológica del planeta, bien sea medida en términos de cambio climático, pérdida de biodiversidad, contaminación del aire, agua y suelos o, recientemente, como emergencia de ciertas enfermedades, sobre todo, aquellas transmitidas por vectores (como es el caso de la leishmaniosis), en 2015 la Organización de las Naciones Unidas presentó un proyecto denominado Agenda 2030 con el fin de acabar con los patrones de producción actual y tratar de impulsar un cambio hacia un modelo más sostenible. Para conseguir esto, se plantearon 17 objetivos, los cuales se denominan Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, se puso el foco en la educación como medio para la instrucción y el desarrollo de éstos [10]. No obstante, esta organización lleva varios años informando a los países de los escasos esfuerzos implementados en la materia de consecución de dichos ODS, recalcando el requerimiento de un sistema educativo realmente involucrado en la consecución de estos [11].

No obstante, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) recalca cómo el mantenimiento de nuestros ecosistemas terrestres resulta vital para evitar la aparición de enfermedades zoonóticas (enfermedades que se transmiten entre humanos y animales), como es el caso de la leishmaniosis. El impacto sobre los ecosistemas pone en riesgo nuestra salud al aumentar el contacto con la fauna salvaje y generar las condiciones idóneas para la aparición de este tipo de enfermedades [12], entre las cuales se encuentra la leishmaniosis. Sin embargo, y a pesar de la gran relevancia de las enfermedades zoonóticas, los artículos publicados en revistas del campo de la educación con esta temática son escasos [13]. Incluso se ha notificado un gran desconocimiento de estas enfermedades, no sólo en el alumnado, sino entre los docentes de los centros educativos, a pesar de que el propósito de éstos es conseguir que los estudiantes adquieran un papel activo en la sociedad como ciudadanos críticos y reflexivos, además de contribuir a su alfabetización científica [14].

Así mismo, existen estudios que avisan del bajo desempeño de los estudiantes en cultura ambiental, pues presentan un gran desconocimiento en cuanto al funcionamiento de los ecosistemas y la estrecha relación entre estos sistemas naturales y los socioeconómicos. Este hecho es verdaderamente preocupante, puesto que la escuela es una de las principales fuentes de conocimiento sobre temas ambientales [15]. Además, son muchos los autores que afirman que no basta con que la educación formal persiga la conservación del entorno, sino que debe conseguir un cambio en los hábitos de los estudiantes y promover el desarrollo de un pensamiento crítico para el análisis de la problemática ambiental. En otros términos, la educación puede ser un impulsor de cambio social para lograr la sostenibilidad que tanto demandan los ODS [11]. Sin embargo, ésto sólo es posible si se promueve un cambio radical en la formación de los docentes para que sean capaces de crear los espacios de aprendizaje apropiados y así aprovechar las problemáticas y temas de actualidad existentes en el entorno más cercano del estudiantado [15].

1.3. LEISHMANIOSIS Y EL BROTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID

La leishmaniosis es una enfermedad zoonótica causada por el parásito flagelado *Leishmania* (*L. infantum*) con un ciclo digenético (que presenta dos formas, promastigote o amastigote en función de dónde se encuentre), que se transmite a través de la picadura de un vector artrópodo (flebotomo) y que presenta un amplio rango de hospedadores vertebrados mamíferos, siendo el perro su reservorio principal [16] (figura 1).

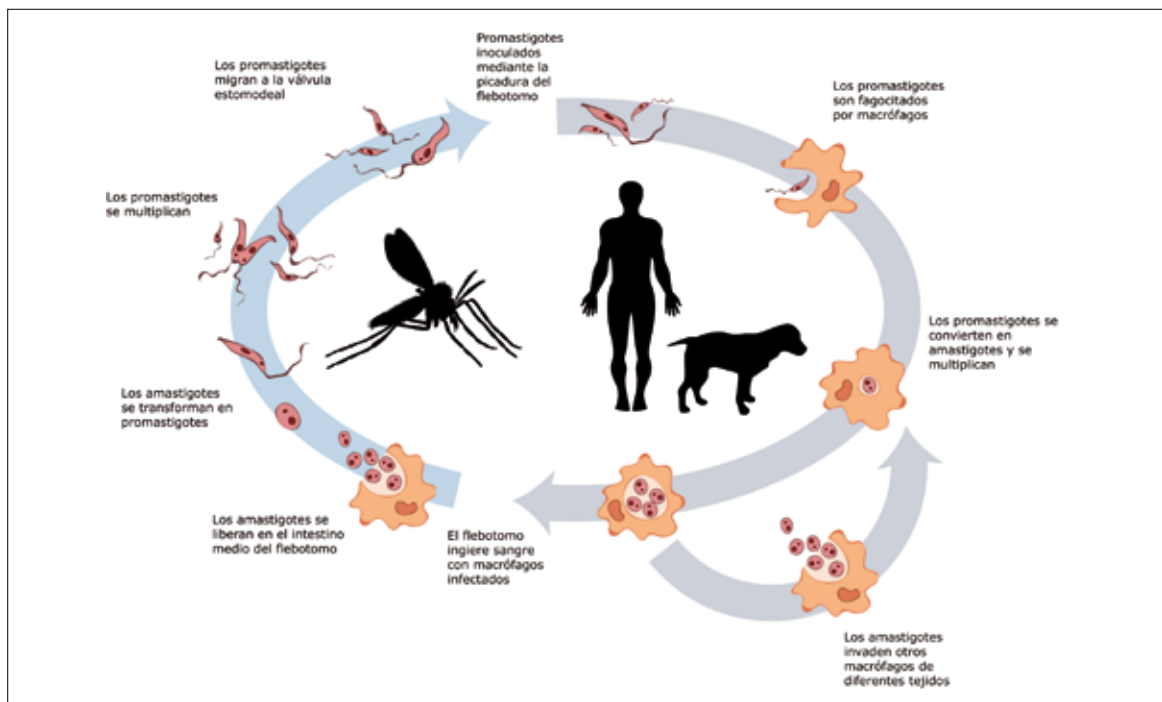


Figura 1. Ciclo infeccioso de la leishmaniosis (Obtenido de Gálvez, 2010 [17]).

Tradicionalmente, en la Comunidad de Madrid esta enfermedad ha estado considerada como una enfermedad hipoendémica, con 12-25 casos positivos anuales [18]. No obstante, a finales de 2009 se detectó un aumento alarmante de contagios en la zona sur de Madrid, concretamente en los municipios de Fuenlabrada (principalmente), Getafe, Leganés y Humanes, aumentando las tasas de contagios hasta valores de más de 20 casos mensuales [19, 20]. A raíz de este aumento de casos, se pusieron en marcha numerosas actuaciones de vigilancia epidemiológica y de control y búsqueda, tanto del reservorio principal como del vector. Así comenzó el brote de leishmaniosis de la Comunidad de Madrid, el mayor de Europa hasta la fecha.

Así, en un primer momento, y debido a su conocido papel como reservorio principal de esta enfermedad, se puso el foco en el estudio del perro [21]. No obstante, los datos recogidos de los estudios de seroprevalencia con valores bajos, tanto de perros vagabundos como domésticos, rechazaban al perro como principal

reservorio de este brote del sur de Madrid [20, 21]. Así mismo, se hizo lo propio con los gatos, descartándose también como reservorios de la enfermedad [22]. Las investigaciones fueron cada vez más exhaustivas, colocándose trampas adhesivas y de luz para el estudio de flebotomos a través de su captura. Así, se detectó una alta presencia de la especie de flebotomo *Phlebotomus perniciosus*, que actuaba como principal vector [20]. Además, gracias a este hallazgo, en parques y zonas verdes se encontró una alta tasa de positividad de leporidos (conejos y liebres), los cuales actuaban como reservorio principal de la enfermedad [23]. Éstos habían experimentado un aumento exponencial en su población debido a la creación de parques y zonas verdes (donde antes había zonas de cultivo), dotándolos de protección ante sus depredadores naturales y creando las condiciones perfectas para su coexistencia con grandes poblaciones de flebotomos. Además, al establecerse el foco de la enfermedad en zonas utilizadas por los seres humanos para el ocio y recreo (parques y zonas verdes), se produjo el salto de la enfermedad a éstos [19, 21].

OBJETIVOS

Los objetivos principales perseguidos con la confección de este material didáctico son:

- Desarrollar la competencia científica y fomentar la alfabetización en ciencias.
- Acercar al alumnado la ciencia así como sus métodos de estudio, para despertar vocaciones científicas.
- Aumentar la motivación del alumnado gracias a las metodologías activas y romper con las dinámicas tradicionales de clases magistrales.
- Dar a conocer el brote de leishmaniosis al estudiantado, así como concienciar del impacto antrópico en el medio y la emergencia de futuras enfermedades.
- Apoyar desde el campo de la educación los ODS y desarrollar una conciencia hacia el cuidado del medio ambiente.

MATERIAL Y MÉTODO

3.1. ¿CÓMO SE HA DISEÑADO?

Este recurso didáctico está dirigido al alumnado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato, concretamente, para ser usado en la materia de Biología y Geología y otras afines, como pueden ser Cultura Científica o Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente. Así, tomando como referencia el currículo de la Comunidad de Madrid (Decreto 48/2015 [24] y Decreto 52/2015 [25]), este juego de mesa puede ser un complemento ideal para los bloques de contenidos mencionados a continuación (**tabla 1**).

Tabla 1. Bloques de contenidos de las materias de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, según el Decreto 48/2015 y Decreto 52/2015, donde este recurso didáctico es útil como complemento formativo.

MATERIA	CONTENIDOS
Biología y Geología. (1º ESO)	Bloque 6. Los ecosistemas. - Factores desencadenantes de desequilibrios en los ecosistemas.
Biología y Geología. (3º ESO)	Bloque 3. La salud y la enfermedad. - Enfermedades infecciosas y no infecciosas. - Higiene y prevención.
Biología y Geología. (4º ESO)	Bloque 3. Ecología y medio ambiente - Impactos y valoración de las actividades humanas en los ecosistemas. - La actividad humana y el medio ambiente.
Cultura Científica. (4º ESO)	Bloque 1. Procedimientos de trabajo - Los métodos de la ciencia - La investigación científica. Bloque 4. Calidad de vida - Salud y enfermedad: Factores personales, ambientales y genéticos.
Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente (2º Bachillerato)	Bloque 1. Medio ambiente y fuentes de información ambiental. Bloque 7. La gestión y desarrollo sostenible

El diseño de este juego se ha fundamentado en una de las metodologías activas con mejores resultados, el aprendizaje basado en juegos (ABJ). “*Outbreak: el misterioso caso del brote de leishmaniosis de Madrid*” está inspirado en la dinámica y reglas del famoso juego de mesa “*Cluedo*” (donde los jugadores deben descubrir quién, cómo y dónde se ha producido un asesinato desplazándose por un tablero que simula las distintas estancias de una mansión). En este caso tienen que descubrir el origen del brote de leishmaniosis de la Comunidad de Madrid. No obstante, para la confección de este juego se seleccionó y adaptó, con la asesoría científica de una experta en la materia, la bibliografía científica más relevante sobre la leishmaniosis y el brote que tuvo lugar en Madrid. Así, las distintas *Cartas de Sospechoso* (explicadas en detalle en el siguiente apartado) consisten en un compendio de tablas, gráficos y textos, todos ellos procedentes de fragmentos de artículos científicos, los cuales evidencian las distintas investigaciones que se llevaron a cabo para descubrir el origen del brote de leishmaniosis de Fuenlabrada. Además, se ha incluido información extra, es decir, más de la estrictamente necesaria para resolver las distintas cuestiones, con el propósito de que el alumno realice un esfuerzo adicional para localizar las variables y la relación entre ellas. El objetivo de esto es evitar que el estudiantado identifique la respuesta correcta sin entender la cuestión tratada. Además, se ha perseguido asemejar este recurso a las situaciones reales, donde la situación-problema, la información y las variables no aparecen aisladas, ni delimitadas claramente [26].

3.2. ¿QUÉ CONTIENE Y CÓMO SE USA?

El estudio de la aparición de este brote llevará a los jugadores a analizar las interrelaciones que se dan entre el insecto vector que transmite la enfermedad (el flebotomo), el patógeno protozoo (*Leishmania infantum*) y el reservorio infectado (mamíferos principalmente, incluido el ser humano). De este modo, se pretende concienciar al alumnado sobre las consecuencias que tiene la alteración de los ecosistemas en la emergencia de distintas enfermedades.

La dinámica del juego es sencilla, hay dos equipos que se enfrentarán por conocer el misterio que envuelve el origen del brote de leishmaniosis del sur de la Comunidad de Madrid. Este material didáctico consta de un tablero, que representa el municipio de Fuenlabrada, junto con cartas de tres tipos (figura 2): *Cartas de Sospechoso* (las cuales contienen fragmentos de resultados de investigaciones científicas reales), *Cartas de Pista* (que aportan al alumnado la posibilidad de leer otros informes restringidos que les ayudarán en su investigación) y *Cartas de Suerte* (que orientan al alumnado a lo largo del juego).

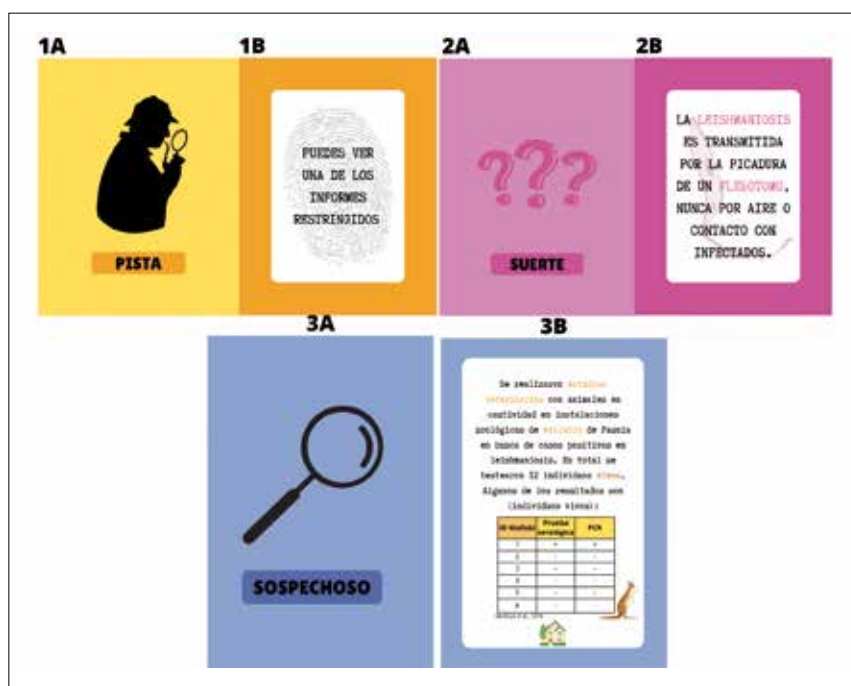


Figura 2. Cartas del juego, a distinguir entre: Cartas de Pista (1A: anverso, 1B: reverso), Cartas de Suerte (2A: anverso, 2B: reverso) y Cartas de Sospechoso (3A: anverso, 3B: reverso) (Elaboración propia).

En primer lugar, cada uno de los equipos elige una de las fichas y recibe cinco *Cartas de Sospechoso*. A continuación, el alumnado deberá ir tirando el dado para desplazarse por las distintas casillas del tablero, diferenciadas entre casillas ordinarias, casillas con un punto rosa (que permiten robar una *Carta de Suerte*), casillas con el símbolo de un detective (dotan de la posibilidad de robar *Cartas de Pista*) y casillas de establecimientos de la ciudad (que esconden información relevante del caso o permiten visualizar uno de los *Informes Científicos Confidenciales*).

Incluso, se cuenta con un *Cuaderno del Investigador* que desempeña la función de guía para que los estudiantes vayan anotando todo aquello que van descubriendo y rellenando las plantillas que contiene para poder así organizar toda la información y facilitar su procesamiento. Así, el alumnado, en dos equipos, moviéndose por el tablero, deberá ir obteniendo cartas e informes, analizar las pruebas científicas (las cuales contienen gráficos, tablas y distintos elementos) para poder así llegar a descubrir el origen del brote de Fuenlabrada (el parásito causante, la epidemiología de la enfermedad, cuándo comenzó el brote, la causa y municipios donde tuvo lugar el origen del brote).

CONCLUSIONES

El diseño y uso de este juego de mesa denominado “*Outbreak: el misterioso caso del brote de leishmaniosis de Madrid*” pretende arrojar un poco de luz al trabajo en las aulas de la crisis ambiental y sus consecuencias, tan relevantes en nuestros días. Este persigue el estudio de forma global del brote de leishmaniosis de la Comunidad de Madrid, centrándose tanto en la epidemiología de la enfermedad como en la causa de este brote. En definitiva, se pretende acabar con el estudio parcelado de los contenidos, optando por una visión más holística. Igualmente, con la metodología utilizada se persigue el aumento de la motivación del alumnado y acercarlos la ciencia, con el objetivo de despertar vocaciones científicas y contribuir desde el campo de la educación a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANDERSON, N.D. y STUBBS H.S. (1996) *Lyme disease: A sourcebook for teaching about a major environmental problem*. Raleigh, NC, Kendall/Hunt.
- [2] MATTHEWS, R. W., FLAGE, L. R. y MATTHEWS, J.R. (1997) Insects as teaching tools in primary and secondary education. *Annual Review of Entomology*, 42, 269–89.
- [3] SPRAY, F.J. (1995) *Mosquitoes in the classroom*. Dubuque, Kendall/Hunt.
- [4] RUSSELL, H.R. (1990) Ten-minute field trips. *A teacher's guide to using the school grounds for environmental studies*. Arlington, Virginia, National Science Teaching Association.
- [5] DASHEFSKY, H.S. (1995) *Zoology. High-school science fair experiments*. New York: TAB Books.
- [6] BLACKAWTON P. S., AIRZEE S., ALLEN A., BAKER S., BERROW A., BLAIR C., CHURCHILL M., COLES J., CUMMING R. F.J., FRAQUELLI L., HACKFORD C., HINTON MELLOR A., HUTCHCROFT M., IRELAND B., JEWSEBURY D., LITTLEJOHNS A., LITTLEJOHNS G. M., LOTTO M., MCKEOWN J., O'TOOLE A., RICHARDS H., ROBBINS-DAVEY L., ROBLYN S., RODWELL-LYNN H., SCHENCK D., SPRINGER J., WISHY A., RODWELL-LYNN T., STRUDWICK D., LOTTO R. B. (2011) Blackawton bees. *Biology Letter*, 7 168–172
- [7] GÁLVEZ, R., GOLLERIZO, A. y CLEMENTE M. Harnessing student citizen science in and around the classroom to study sand fly populations in Madrid (Spain). *10th International Symposium*. En Phlebotomine Sandflies, Isla de San Cristóbal (Ecuador), 15-19 de julio de 2019.
- [8] GÁLVEZ, R., MESTIZO, H., CLEMENTE, M., GOLLERIZO, A. y TEIXEIRA, S. FleboCollect: Taller para colaborar en el prototipado y la construcción de trampas de flebotomos. *XVIII Congreso Ibérico de Entomología*, Madrid, 10-13 julio de 2019.

- [9] GÁLVEZ, R., DE FELIPE, M. L. y YEBES, F. (2022) Citizen science set in motion: DIY light traps for phlebotomine sand flies. *Preventive Veterinary Medicine*, 200, 105589.
- [10] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU) (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015, p. 16-31. [En línea], disponible en https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf
- [11] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). (2020). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020*. Nueva York, United Nations Publications. [En línea], disponible en https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf
- [12] GRACE, D., BETT, B.K., LEE, H. S. y MACMILLAN, S. (2016) Zoonoses: Blurred lines of emergent disease and ecosystem health. En: UNEP (Ed.), *UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging issues of environmental concern*, pp. 18-30. Nairobi, Kenya, United Nations Environment Programme. [En línea], disponible en https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf
- [13] ACEVEDO, J. D. (2004) Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(1), 3-16
- [14] CORTEZ-OLAVARRIA, A. S. (2018) Conocimientos básicos sobre tenencia responsable de mascotas y zoonosis en estudiantes del quinto año de secundaria de la IE Inmaculada Concepción-Tumbes. (Tesis doctoral). [En línea], disponible en <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/358/TESIS%20-%20CORTEZ%20OLAVARRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [15] MÁRQUEZ, I. R., SALAVARRÍA GARCÍA, O. O., EASTMOND SPENCER, A., AYALA ARCIPRESTE, M. E., ARTEAGA AGUILAR, M. A., ISAAC-MÁRQUEZ, A. P., SANDOVAL, J. L.V. y MANZANERO, L. A. (2011) Cultura ambiental en estudiantes de bachillerato: estudio de caso de la educación ambiental en el nivel medio superior de Campeche. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(2), 83-99.
- [16] GÁLVEZ, R., DESCALZO, M. A., GUERRERO, I., MIRÓ, G. y MOLINA, R. (2011) Mapping the current distribution and predicted spread of the leishmaniosis sand fly vector in the Madrid region (Spain) based on environmental variables and expected climate change. *Vector-borne and zoonotic diseases*, 11(7), 799-806.
- [17] GÁLVEZ, R. (2010) Factores que influyen sobre la epidemiología de la leishmaniosis canina y sus vectores en la Comunidad de Madrid: obtención de modelos predictivos de riesgo mediante sistemas de información geográfica (Tesis doctoral). [En línea], disponible en <https://eprints.ucm.es/id/eprint/15210/1/T32606.pdf>
- [18] MARTÍN, I. (2014) Estudio de la saliva de *Phlebotomus perniciosus* y su potencial aplicación en la epidemiología y control de *Leishmania infantum* (Tesis doctoral). [En línea], disponible en <https://eprints.ucm.es/id/eprint/28785/1/T35866.pdf>
- [19] VILAS, F., HERVÁS, J. C., SEVILLA, S., MARTÍNEZ, A., GAVÍN, M. O., BERNAL, J., R. DÍAZ, A. IRISO, SEVILLANO, O. F., SAINZ, C.E., DE LA FUENTE, S., ARCE, A., ESTIRADO, A., FRUTOS, J., y FÚSTER, F. (2012) Brote de Leishmaniasis en la zona suroeste de la Comunidad de Madrid: Medidas de investigación y control medioambiental. *Profesión veterinaria*, 17(79), 6-15.
- [20] ARCE, A., ESTIRADO, A., ORDOBAS, M., SEVILLA, S., GARCÍA, N., MORATILLA, L., FUENTE, S., MARTÍNEZ, A.M., PÉREZ, A.M. y ARÁNGUEZ, E. (2013). Re-emergence of leishmaniasis in Spain: community outbreak in Madrid, Spain, 2009 to 2012. *Eurosurveillance*, 18(30), e20546.
- [21] MIRÓ, G., MÜLLER, A., MONTOYA, A., CHECA, R., MARINO, V., MARINO, E., FUSTER, F., ESCACENA, C., DESCALZO, M.A. y GÁLVEZ, R. (2017) Epidemiological role of dogs since the human leishmaniosis outbreak in Madrid. *Parasites & vectors*, 10(1), 1-7.
- [22] MORENO, I., ÁLVAREZ, J., GARCÍA, N., DE LA FUENTE, S., MARTÍNEZ, I., MARINO, E., TORAÑO, A., GOYACHE, J., VILAS, F., DOMÍNGUEZ, L. y DOMÍNGUEZ, M. (2014) Detection of anti-*Leishmania*

infantum antibodies in sylvatic lagomorphs from an epidemic area of Madrid using the indirect immunofluorescence antibody test. *Veterinary Parasitology*, 199 (3-4), 264–267.

- [23]** MOLINA, R., JIMÉNEZ, M.I., CRUZ, I., IRISO, A., MARTÍN, I., SEVILLANO, O., MELERO, S. y BERNAL, J. (2012) The hare (*Lepus granatensis*) as potential sylvatic reservoir of *Leishmania infantum* in Spain. *Veterinary Parasitology*, 190 (1-2), 268–271.
- [24]** Decreto 48/2015, de 14 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm. 118, de 20 de mayo de 2015, pp. 29 a 309. En línea], disponible en https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2015/05/20/BOCM-20150520-1.PDF
- [25]** Decreto 52/2015, de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de Bachillerato. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, núm. 120, de 22 de mayo de 2015, pp. 51 a 55. En línea], disponible en https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2015/05/22/BOCM-20150522-3.PDF
- [26]** ZABALA, A. y ARNAU, L. (2008) *11 ideas clave: cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona, Graó.

TRABAJO DE POSTGRADO EN COOPERACIÓN: DIFICULTADES Y ADAPTACIONES PARA SUPERAR LA PANDEMIA

Julia Carracedo¹, Rafael Ramírez² y Matilde Alique²

¹Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid (España).

²Departamento de Biología de Sistemas, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid (España).

Dirección de correspondencia: julcar01@ucm.es / matilde.aliq@uah.es

Palabras clave: aprendizaje cooperativo interuniversitario; implementación; pandemia; trabajo fin de grado; trabajo fin de máster.

Keywords: cooperative interuniversity learning; end of degree project; implementation; pandemic; final master's project.

Resumen

En este trabajo hacemos un balance sobre nuestra experiencia de dirección de trabajos experimentales de fin de grado y de máster universitario en los tres últimos años. Con el advenimiento de la pandemia de COVID19, las actividades diseñadas para el desarrollo de estos trabajos han debido ser modificadas debido al confinamiento en primer lugar y a las limitaciones de presencialidad y movilidad posteriormente. La dirección de los trabajos ha sido compleja, exigiendo un importante esfuerzo dinamizador y de seguimiento. Los trabajos se desarrollaron de una manera excelente e innovadora, siendo las tareas planificadas y desarrolladas sugerentes, abiertas y con un gran sentido educativo e interdisciplinar, llegando a culminar en ventajas para los estudiantes e ilusionarlos por la investigación.

Abstract

In this paper, we report our experience directing experimental end-of-degree projects and master's degree projects over the last three years. With the COVID19 pandemic, the activities designed for developing these experimental works have had to be modified first due to the lockdown and later to the limitations of presence and mobility. The results management has been complex, requiring a powerful dynamic and follow-up effort. Nevertheless, the work was developed excellently and innovatively, with the planned and developed tasks being suggestive, open, and with a tremendous educational and interdisciplinary sense, culminating in advantages for the students and getting them excited about research.

INTRODUCCIÓN

Nuestro grupo de innovación educativa e investigadora está constituido por profesores universitarios que impartimos docencia en la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y en la Universidad de Alcalá (UAH). En este entorno, se establece un escenario investigador cooperativo, multidisciplinar y multicéntrico que ha sido receptor en los últimos años de alumnos para realizar sus trabajos de fin de grado (TFG), de fin de máster (TFM) y, más recientemente, de doctorado. En condiciones normales, es necesario que el personal del grupo, consolidado y en formación, tenga una movilidad continuada, realizando su actividad repartida entre los diferentes centros a los que está adscrito (1-4).

Los trabajos de TFG y TFM forman parte de la enseñanza superior universitaria y representan la consecución de un número de créditos dirigidos a adquirir competencias marcadas en las guías docentes correspondientes (5, 6). Es muy importante a la hora de diseñar estos trabajos tener en cuenta que, en la conceptualización del TFG, el nivel de especialización va a ser de pregrado, intermedio, generalista pero focalizado en un tema concreto. De hecho, los estudiantes que acceden al laboratorio para hacer sus trabajos experimentales han tenido un escaso contacto previo con este medio. El TFG culmina los estudios de Grado o de primer ciclo teniendo en cuenta el plan Bolonia (1999)

instaurado por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Los planes de estudio de Grado (240 créditos ECTS) contendrán toda la formación teórica y práctica que el estudiante deba adquirir: aspectos básicos de la rama de conocimiento, materias obligatorias u optativas, seminarios, prácticas externas, trabajos dirigidos, TFG u otras actividades formativas. Por otra parte, el TFM supone una especialización de postgrado, que incluirá la adquisición de competencias de un profesional avanzado. El TFM supone la finalización de los estudios de las enseñanzas de Máster (segundo ciclo) según el EEES. Las enseñanzas de Máster (60-120 créditos ECTS) tienen como finalidad la adquisición por el estudiante de una formación avanzada, de carácter especializado o multidisciplinar, orientada a la especialización académica o profesional, o bien a promover la iniciación en tareas investigadoras, con el fin de mejorar las competencias específicas en algún ámbito profesional o disciplinar.

Por último, durante la etapa de doctorado (tercer ciclo), previsiblemente más dilatada en el tiempo, el estudiante dedicará mucho más tiempo a su formación y especialización, que debe alcanzar un grado muy elevado y además requiere un importante nivel de innovación y de originalidad en la realización de los trabajos, derivando además en una importante producción científica. Por lo tanto, el diseño de los trabajos por parte de los tutores debe ser adecuado al nivel requerido (7). Es importante desde un punto de vista docente trabajar una serie de competencias y destrezas que, en principio, deberían partir de la formación global adquirida durante el grado. En los grados experimentales es necesario fomentar la autonomía, la profesionalidad y la creatividad, entre otros aspectos. Asimismo, como estrategia y si es posible, hay que intentar aprovechar al máximo las capacidades específicas de cada estudiante, para poder encauzarlos hacia un futuro profesional donde puedan desarrollarlas en plenitud. En este sentido hay que establecer diferencias en la organización de los trabajos, pero sobre todo en las actuaciones docentes diferenciales y específicas para estos trabajos.

Durante los 3 últimos cursos y a causa de la pandemia COVID19, las actividades diseñadas para el desarrollo de los trabajos experimentales han debido ser modificadas debido al confinamiento en primer lugar, y posteriormente por las limitaciones de presencialidad y movilidad. Como consecuencia, las relaciones personales con los estudiantes, el diseño y desarrollo de los experimentos han sufrido numerosas y obligadas modificaciones.

El trabajo que presentamos pretende identificar las dificultades encontradas y las soluciones establecidas para la tutela de trabajos de investigación en los cursos en los que ha incidido la pandemia COVID19. Es deseable que una situación como la que hemos tenido no vuelva a suceder, pero es positivo aprender de la experiencia y sobre todo es posible encontrar aspectos positivos que podamos implementar en nuestra actividad futura. Por ello, es necesario un nuevo enfoque haciendo un esfuerzo en la incorporación de nuevas metodologías docentes y nuevos entornos de aprendizaje y de trabajo ante futuras adversidades como ésta.

Para sistematizar este trabajo, en el contexto de la dirección de trabajos de investigación de estudiantes de TFG, TFM y doctorado hemos propuesto los siguientes objetivos: 1) adaptación de las actividades de investigación desde un formato presencial al virtual; 2) recuperación de una actividad semipresencial con un seguimiento y tutela continuados.

METODOLOGÍA

I. Adaptación de la comunicación docente/estudiante a un formato no presencial

La componente “no presencial” es imprescindible en el nuevo sistema europeo para desarrollar muchas de las competencias propuestas, para complementar la docencia presencial y para completar la formación del estudiante. Y justo ahora, tras la pandemia por COVID19 se han vuelto imprescindibles en muchas ocasiones. En este tipo de educación en línea el docente debe convertirse en un guía que facilite al alumno el aprendizaje, pero teniendo en cuenta que el docente aquí sí es un factor determinante para la motivación y, por lo tanto, el interés del estudiante puede reforzarse si encuentra receptividad por parte del profesor.

Desde el primer momento, se han utilizado las plataformas de gestión de docencia de videoconferencia facilitadas por nuestras universidades: Blackboard, Meet, Teams... Asimismo, hemos establecido un contacto directo utilizando redes sociales, correo electrónico, OneDrive, Dropbox...

Algunos de estos medios los conocíamos y utilizábamos previamente, quizás con menor frecuencia, pero para las videoconferencias hemos realizado cursos de formación continua del profesorado universitario ofertados por nuestras universidades destinados a la mayor y mejor utilización de estos recursos.

2. Recursos disponibles

- Bases de datos con información sobre muestras biológicas de pacientes, realizadas en el grupo.
- Archivos de muestras.
- Muestras congeladas.

3. Realización de análisis utilizando programas estadísticos

Análisis de los resultados obtenidos utilizando IBM SPSS Statistics 25 Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La secuencia de eventos sucedidos en los últimos cursos ha determinado sustancialmente nuestra relación docente con el estudiantado de pregrado y postgrado. Nos referimos sólo a aquellas experiencias con los alumnos de TFG, TFM y doctorado.

Durante el curso 2019-2020, a partir del mes de marzo se priorizó la realización de los trabajos de TFG y TFM de manera telemática, dada la imposibilidad de terminar de ejecutar trabajos experimentales. Afortunadamente, disponíamos de una completa y excelente base de datos experimentales en la que habían intervenido nuestros alumnos, aunque no con la dedicación que habíamos deseado, que requería aún unos meses más. Para que los trabajos no se quedaran en una revisión bibliográfica, diseñamos y cedimos a los alumnos parte de los resultados que formaban parte de nuestro proyecto y les pedimos que realizaran un trabajo, tal y como si los datos los hubieran obtenido ellos mismos. Fue necesario realizar numerosas reuniones, al menos una por semana, destinadas a que nuestros estudiantes adquieran suficientes conocimientos “teóricos” en los temas elegidos para sus trabajos, pero también para que comprendieran en profundidad los procedimientos metodológicos que se habían utilizado para conseguir los resultados. Además, fue la oportunidad de que aprendiesen a analizar los datos desde un punto de vista estadístico. Encontrar cómo se relacionan diferentes parámetros clínicos y biológicos resultó verdaderamente interesante y los resultados fueron de gran interés desde un punto de vista científico.

Ya en el curso 2020-2021, una parte del trabajo experimental se pudo afortunadamente realizar de forma presencial, aunque con bastantes limitaciones, debido al cumplimiento en todo momento de las restricciones impuestas por la pandemia. Fue necesario establecer turnos de trabajo, dadas las restricciones de aforo y distanciamiento social. Se sumó a esta complicación un problema con el suministro en los reactivos, que retrasó nuestra consecución de reactivos de forma fundamental. Continuamos realizando reuniones semanales en línea, para seguimiento de los trabajos y para establecer una cohesión entre el grupo. Los trabajos, con la ventaja de poder acudir al laboratorio, aunque no plenamente, pudieron realizarse de forma similar al curso anterior, aunque en esta ocasión se utilizaron muestras almacenadas en nuestros congeladores, ya que fue imposible conseguir muestras de pacientes, pues los hospitales estaban saturados y habíamos frenado la parte clínica de nuestro estudio.

En el curso actual (2021-2122) hemos incorporado progresivamente la presencialidad total para poder realizar los trabajos experimentales. El trabajo clínico se ha reactivado del todo, y los proyectos han recuperado su ritmo normal. Sin embargo, las reuniones de trabajo se realizan en su mayor parte de forma telemática, lo cual ha supuesto una interesante reducción de la movilidad economizando tiempo, pero sobre todo facilitando la interacción incluso en casos de afectados por cuarentena o con dificultades de agenda.

Los trabajos se han desarrollado, a nuestro entender, de una manera excelente e innovadora siendo las tareas planificadas y desarrolladas sugerentes, abiertas y con un gran sentido educativo e interdisciplinar al contar con una cotutela de profesores de la UCM y la UAH. Entre los estudiantes que han realizado sus trabajos con nosotros en los pasados cursos, la mayoría los completaron de forma satisfactoria, obteniendo buena calificación (sobresaliente). Uno de los estudiantes, sin embargo, tuvo problemas de salud y tuvo que defender el TFG en el curso siguiente (20-21). En la **tabla I** se incluye una breve descripción de los trabajos realizados en el periodo por cursos académicos y las calificaciones obtenidas.

Hay que destacar que las calificaciones de los alumnos que participaron en la convocatoria ordinaria de TFG fueron más altas que las de aquellos que participaron de la convocatoria extraordinaria, normalmente

Tabla 1. Resultados de las calificaciones de los estudiantes que realizaron los trabajos de fin de grado y de fin de máster en los últimos cursos.

	Trabajo de Fin de Grado		Trabajo de Fin de Máster	
	(convocatoria ordinaria)	(convocatoria extraordinaria)	(convocatoria ordinaria)	(convocatoria extraordinaria)
CURSO 2019-2020	9,4±0,1 n=2	8,5	9,4±0,3 n=2	
CURSO 2020-2021	9,7±0,1 n=2	7,5		10
CURSO 2021-2022	9,7±0,1 n=2			9,5

porque los alumnos además tenían otras asignaturas que preparar evaluadas mediante un examen. Por otra parte, las calificaciones del TFM fueron muy buenas en todos los casos, independientemente de la convocatoria que eligieron los alumnos para presentarse, aunque también hay que destacar que el número total de TFM presentados en los 3 cursos académicos abordados es menor que si lo comparamos con el número total de TFG, $n=7$ vs. $n=4$ (TFM).

También es interesante identificar entre los estudiantes que realizaron estos trabajos aquéllos que han tenido una experiencia positiva y que han querido integrarse y dar continuidad a sus estudios de postgrado en nuestro grupo. Así, una estudiante que cursó su TFG y TFM en nuestro entorno realiza actualmente su doctorado y, además, otra estudiante que realiza su TFM está matriculada asimismo de doctorado.

Dificultades encontradas

La dirección de los trabajos ha sido compleja, con cambios sucesivos e imprevisibles de normativa, con un importante esfuerzo dinamizador y de seguimiento, obligando a realizar tutorías en línea frecuentes, una por semana y revisión de los trabajos a través del correo electrónico. Previamente a la situación sobrevenida, el contacto con los estudiantes estaba programado según la disponibilidad de horarios. El seguimiento era continuado ya que se realizaba directamente en el laboratorio o mediante tutorías concertadas para seguimiento de resultados. Aunque este seguimiento era individualizado según las necesidades de cada estudiante, aproximadamente requería una tutoría por mes, incrementándose al final de periodo, con revisiones de los trabajos escritos y los ensayos de la presentación oral de los trabajos.

Fortalezas detectadas de la experiencia

Las frecuentes tutorías no presenciales permitieron realizar una excelente transferencia de los resultados de la base de datos experimentales entre los tutores y los estudiantes, lo que ha quedado plasmado en los trabajos realizados y en las calificaciones obtenidas por los trabajos.

Debido a la escasa presencialidad de los alumnos en el laboratorio, sobre todo en el curso 19-20, hemos fomentado acudir a los laboratorios fuera del periodo de realización de sus trabajos, ya terminados. Para incentivar este trabajo extracurricular hemos diseñado trabajos divulgativos de revisión, artículos originales y participación en comunicaciones a congresos, con beneficios curriculares. Los alumnos han respondido muy positivamente a esta propuesta y actualmente dos de ellos se han incorporado al grupo para realizar el doctorado, como ya hemos mencionado anteriormente.

CONCLUSIONES

Nuestra actividad docente se ha adaptado de forma muy flexible a una situación límite, gracias a la disponibilidad de plataformas de gestión de docencia de videoconferencia facilitadas por nuestras universidades dando lugar a una "simbiosis" tutores-estudiantes. Este proceso ha culminado en ventajas para los estudiantes por las buenas calificaciones obtenidas en sus TFG y TFM. El resultado más positivo y motivador como docentes-investigadores de esta experiencia fue que los estudiantes se han ilusionado por la investigación y queda reflejado en la

incorporación de dos estudiantes que han iniciado el doctorado en nuestros grupos de investigación. Por último, la experiencia de este complicado periodo nos ha facilitado a los docentes implementar nuevas formas de interacción entre el grupo, mejorando la fluidez de nuestro trabajo multicéntrico.

AGRADECIMIENTOS

El Dr. Rafael Ramírez, la Dra. Julia Carracedo y la Dra. Matilde Alique son integrantes del Grupo de Innovación Docente de la UAH "Innovación en metodología, materiales y herramientas virtuales para la mejora en la enseñanza de la Fisiología Humana y Fisiopatología (UAH-GI20-127). El Dr. Rafael Ramírez es participante y la Dra. Matilde Alique es investigadora principal del Proyecto de Innovación Docente concedido por la UAH (Recursos on-line en Fisiología y Fisiopatología como implementación de nuevas tecnologías en la docencia en Grados de Ciencias de la Salud; UAH/EVI082; 2019/2021). La Dra. Julia Carracedo es investigadora principal de los proyectos de innovación docente "Innova Docencia" UCM N° de referencia: 152 e "Innova Docencia" UCM N° de referencia: 161 de la UCM.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BARKLEY, E. F., CROSS, K. P. MAJOR, C. H. (2007) Técnicas de aprendizaje colaborativo: Manual para el profesorado universitario (Coedición Ministerio de Educación). California, USA: Ediciones Morata, S.L.
- [2] MARGALEF GARCÍA, L., CANABAL GARCÍA, C. (2010) Innovar en la enseñanza Universitaria. Ajalvir, Madrid, España: 1+ ed."
- [3] SLAVIN, R. E. (1983) Cooperative learning. Research on teaching monograph series. Longman Inc., College Division, 1560 Broadway, New York.
- [4] TORREGO, J.C., MONGE, C. (2018) Inclusión educativa y aprendizaje cooperativo. Madrid: Síntesis.
- [5] Guías de elaboración de TFG UCM: <https://biologicas.ucm.es/trabajo-de-fin-de-grado> (acceso 12 de julio de 2022)
- [6] Guías de elaboración de TFG UAH: <https://ciencias.uah.es/estudiantes/trabajo-fin-grado-biologia.asp> (acceso 12 de julio de 2022)
- [7] FERRER, V., GARCÍA-BORÉS, J.V., FERRER, M., CARMONA SÁNCHEZ, V. (coords.) (2012) El trabajo de fin de grado: guía para estudiantes, docentes y agentes colaboradores.

“CIENCIA A LO GRANDE”: LAS GRANDES IDEAS DE LAS CIENCIAS DE LA MATERIA COMO RECURSO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Antonio Eff Darwich¹, Adán Yanes Gómez¹, Alejandra Goded Merino¹, Sara González Pérez¹, David Jiménez Arias², Caterina Rodríguez De Vera³, Virginia Pérez Gómez¹, María Betsabé Díaz León¹ y Sarai Morales Sierra¹

¹ Facultad Educación, módulo A2, Universidad de La Laguna. La Laguna, Tenerife (España).

² Universidade da Madeira, Madeira (Portugal).

³ IES Granadilla, Tenerife (España).

Dirección de correspondencia: adarwich@ull.edu.es

Palabras clave: educación primaria; formación profesorado; ciencias experimentales; innovación.

Keywords: primary education; teacher training; experimental sciences; innovation.

Resumen

El programa educativo “Ciencia a lo Grande”, centrado en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales (física, química, geología y astronomía) en educación primaria, pretende dar a conocer al profesorado el funcionamiento general básico del mundo físico que nos rodea, mediante el uso del concepto de las grandes ideas de la ciencia. Dicho de otra forma, queremos que el profesorado aprenda a ordenar todo el currículo científico en unas pocas grandes ideas. Se pretende, además, que el profesorado aprenda a realizar sencillas demostraciones prácticas que acompañen a su discurso y que inculquen en sus alumnos la importancia que tiene en la ciencia la capacidad de observación, análisis y pensamiento crítico. El proyecto consta de 4 actividades formativas: las máquinas, la combustión, los volcanes de Tenerife y el Sol. Estos conceptos están elegidos cuidadosamente para dar una visión general de los conceptos de materia, energía y sus transformaciones.

Abstract

The educational program “Ciencia a lo Grande”, focused on the teaching and learning of experimental sciences (physics, chemistry, geology and astronomy) in primary education, aims to make teachers aware of the basic general functioning of the physical world that surrounds us, by using the concept of the great ideas in science. In other words, we want teachers to learn to organize the entire science curriculum into a few big ideas. It is also intended that teachers learn to carry out simple practical demonstrations to complement their lesson plans and to emphasize the importance of observation, analysis and critical thinking skills in science. The project consists of 4 activities: machines, combustion, the volcanoes of Tenerife and the Sun. These concepts were carefully chosen to give an overview of the concepts of matter, energy and their transformations.

ANTECEDENTES

A pesar de los esfuerzos invertidos en crear recursos y metodologías educativas para fomentar el interés por las ciencias experimentales, el número de estudiantes de 16 años que cursan, por ejemplo, física avanzada (más allá de la física conceptual) es todavía pequeño y, en la mayoría de los casos, está disminuyendo [1,2]. En EE.UU., aproximadamente el 40% de los estudiantes de secundaria cursan física [3]; sin embargo el 20% de ellos no va más allá de la física conceptual. En Canarias, concretamente en la isla de Tenerife, donde

se implementó la estrategia diseñada en este trabajo, únicamente el 15% de los estudiantes de secundaria cursaron física en bachillerato durante el período 2018-2020 [4]. Independientemente del país de origen, existen algunos factores que podrían explicar parcialmente esta baja tasa de matriculación en educación secundaria [5-8]:

- La dificultad percibida de la física, en particular por parte de las alumnas.
- Considerar que algunos temas en física son aburridos y percibidos como difíciles.
- La falta de actividades prácticas y demostraciones, que hace que los estudiantes creen que estas asignaturas son básicamente teóricas.
- La física se percibe como no 'relevante' a diferencia, por ejemplo, de la biología.
- Los estudiantes creen que podría afectar negativamente sus calificaciones promedio para acceder a carreras competitivas.
- Falta de información sobre las oportunidades profesionales.
- Los estudiantes perciben que la estructura de los cursos y la secuenciación de las unidades no tienen una lógica clara ni fácil de entender.

Muchos de los factores que determinan la actitud de los estudiantes hacia las asignaturas científicas, en particular la física, se relacionan con la formación y percepción del profesor más que con el currículo en sí. En este sentido, los docentes de cualquier nivel educativo deberían poner más énfasis en los contenidos que se relacionan con la vida de los estudiantes, en los vínculos interdisciplinarios y más ejercicios prácticos. También es de capital importancia comenzar a enseñar contenidos científicos lo antes posible, es decir, en la educación primaria [9]. Por lo tanto, los programas de formación de docentes deberían dar más importancia al desarrollo de habilidades y herramientas para atraer y motivar a los estudiantes de primaria y secundaria hacia las ciencias, sobre todo la física [10].

Por norma general, nos encontramos que los profesores de educación primaria tienen un nivel medio-bajo en lo relativo a las ciencias experimentales, aunque tienen una actitud positiva hacia ellas y demandan más conocimientos teóricos y actividades manipulativas, que estuvieron ausentes durante sus años de formación. Con este perfil académico, se podría pensar que se necesita más contenido científico para reducir las carencias que tienen los maestros de educación primaria. Sin embargo, creemos que deberían adquirir una visión global sobre los contenidos y procedimientos de las ciencias a través de una organización diferente de los contenidos educativos de las ciencias, que vaya más allá del método común de enseñanza y aprendizaje basado en materias. Esta estrategia alternativa, denominada "las grandes ideas de la ciencia" [11], consiste en un conjunto de ideas básicas que conectan principios y fenómenos, y que permiten a los estudiantes comprender el mundo que los rodea y tomar decisiones informadas.

En este sentido, desde la Facultad de Educación de la Universidad de La Laguna, en las Islas Canarias (España), hemos puesto en marcha el proyecto educativo de formación de profesorado de primaria 'Ciencia a lo Grande'. Tiene como finalidad facilitar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales (física, química, biología, geología y astronomía) en Educación Primaria, dando a conocer al profesorado el funcionamiento general básico del mundo físico que nos rodea, mediante el uso del concepto de las grandes ideas de la ciencia. Sus objetivos básicos son:

- I. Enseñar al profesorado a ordenar el currículo educativo asociado a las ciencias naturales en unas pocas grandes ideas de la ciencia.
- II. Enseñar al profesorado cómo incluir demostraciones y sencillas actividades para desarrollar la capacidad de observación y análisis de su alumnado.
- III. Mostrar al alumnado la cara menos conocida de la ciencia, como es la creatividad, la conexión de ideas y la capacidad de observación y análisis.
- IV. Generar un repositorio de materiales didácticos para facilitar el aprendizaje del alumnado y la actividad del profesorado en el aula.
- V. Divulgar las ciencias y su didáctica.

Dado que el objetivo básico del proyecto es tratar de ordenar el currículo de ciencias de primaria en unas pocas grandes ideas, se propuso un esquema de trabajo organizado alrededor del concepto de ma-

teria y sus propiedades, por un lado, y el de energía y sus propiedades por otro (véase la figura 1). En este sentido, es posible explicar y conectar distintos fenómenos naturales a través de este simple esquema. Por ejemplo, el sonido que produce una piedra al caer al suelo puede verse del siguiente modo: una piedra tiene masa, que es una propiedad de la materia; sobre la masa actúa una fuerza, la gravedad, que aplicada durante una cierta distancia supone realizar un trabajo, que es una forma de transferir energía. Esa energía puede transferirse nuevamente en forma de ondas, como es el sonido. En definitiva, la explicación o experimentación de un determinado fenómeno físico ‘activa’ simultáneamente distintos contenidos curriculares, a través del esquema de grandes ideas propuesto en la figura 1.

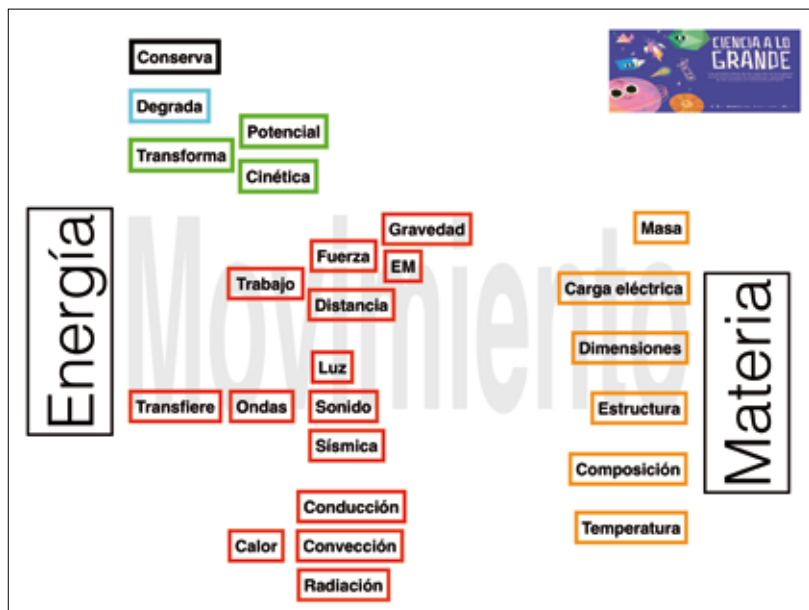


Figura 1. Esquema conceptual para la organización del currículo científico primario en términos de materia y energía.

DESARROLLO DEL PROYECTO

‘Ciencia a lo Grande’ se ha articulado en torno a 4 módulos: las máquinas simples, la combustión, el Sol y los volcanes de Tenerife. Cada módulo permite conectar varios de los conceptos que aparecen en el esquema general presentado en la figura 1, a través de una ‘gran idea de la ciencia’. En este sentido, las máquinas simples permiten desarrollar la idea del trabajo como forma de transferencia de energía. Por otro lado, la combustión permite entender cómo cambios en la composición de la materia llevan asociadas transferencias de energía en forma de calor. Los volcanes de Tenerife sirven de pretexto para relacionar transferencias de energía en forma de calor con cambios en los estados de la materia. Finalmente, el Sol se usa para hablar de la transferencia de energía en forma de luz.

Cada uno de los módulos puede constar de varias actividades y, en todas ellas, se han diseñado unas fichas informativas (véase ejemplo en la figura 2) donde se especifica duración, materiales necesarios, tipo de actividad, la idea de la ciencia que se va a trabajar y la metodología usada. La información más detallada de todas las actividades, incluyendo el anclaje curricular a las distintas materias abarcadas, puede encontrarse en la página web de recursos educativos del Cabildo de Tenerife (<https://catalogocabildoeduca.es>). Es importante destacar que todos los recursos quedan alojados en un servidor permanente, de una institución pública, por lo que no tendrán solución de continuidad.

El proyecto se ha desarrollado en cuatro etapas: formación específica del profesorado, puesta en práctica en los centros educativos participantes de los recursos asociados a los módulos, análisis de las evaluaciones llevadas a cabo y, por último, una actividad de cierre y reflexión final. Inicialmente, el proyecto estaba programado para llevarse a cabo en 4 meses; sin embargo, debido a la pandemia, sufrió una serie de retrasos y modificaciones y se extendió 7 meses.

Módulo de las máquinas

La gran idea de la Ciencia

La idea básica que se va a desarrollar es la del **trabajo** como forma de transferir energía mediante el uso de máquinas. Se van a trabajar los distintos **tipos de máquinas** y los conceptos matemáticos de la **división, mediciones de longitud y masa**.

Recursos: La construcción de las pirámides. Los egipcios eran unos máquinas.

Duración: Unos 50 minutos

Descripción

Vamos a llevar a cabo una actividad interdisciplinar, donde mezclamos conceptos e ideas desde las Ciencias de la Naturaleza, Matemáticas y las Ciencias Sociales. Para ello, vamos a describir el concepto de máquina a través de una historia que se desarrolla en el antiguo Egipto, durante la construcción de una pirámide:

“Un arquitecto no sabe cómo poder levantar una pesada roca durante la construcción del edificio, pero recibirá una ayuda inesperada, la de sus dos hijos, que tienen unas increíbles habilidades: el niño construyendo instrumentos, y la niña, en el arte de las matemáticas.”

Los niños presentan a su padre distintas opciones para poder levantar las rocas. Todas estas opciones corresponden a máquinas de distinto tipo, que se irán mostrando y describiendo a los alumnos. Cada máquina posee un secreto matemático, que se irá desvelando (dependiendo del curso al que vaya dirigido), para que los alumnos integren la idea que las máquinas son dispositivos que transfieren energía de tal manera que sea posible usarlas para obtener ventajas mecánicas.

La actividad es de tipo demostrativa, aunque se buscará la interacción con los alumnos mediante preguntas y respuestas y su ayuda para montar alguna de las máquinas. Si el tiempo lo permite, se puede realizar toda la actividad en el patio, si hay una portería de fútbol sala o un soporte elevado.

Objetivos generales y específicos

Objetivo general

- I. Comprender el concepto de máquina como dispositivo de transferencia de energía.

Objetivos específicos

- I. Estudiar el concepto de trabajo y transferencia de energía.
- II. Estudiar los distintos tipos de máquinas.
- III. Analizar las matemáticas que hay detrás de las máquinas.
- IV. Conectar conceptos científico-matemáticos con contenidos históricos (Antiguo Egipto)

Metodología

La actividad mezcla dos estrategias: el *storytelling* y la demostración.

Materiales

Materiales del centro: pizarra, fizas o rotuladores, mesa. Si está disponible el patio o cancha con una portería de fútbol o soporte elevado (para poner un juego de poleas grandes), se puede hacer toda la actividad en el patio.

Materiales externos: 6 poleas pequeñas, 6 poleas grandes, hilo de nylon de 1 mm (5 metros), hilo de nylon de 6 mm (5 metros), 10 anillas de cierre para el nylon, 6 enganches para poleas grandes, 6 enganches para poleas pequeñas. Un listón donde colocar las poleas, un tablón para hacer de plano inclinado, un listón que haga de palanca. Una cadena para enganchar poleas al soporte de la cancha. Un sargento para fijar los listones. Todo este material se llevará a los centros y formará parte del kit de las máquinas.

Figura 2. Ficha resumen de una de las actividades incluidas en el módulo sobre las máquinas.



Figura 3. Sesión explicativa sobre el esquema de conexión entre materia y energía.

Formación del profesorado

Los profesores de primaria participantes en el proyecto asistieron a varias formaciones, que se llevaron a cabo de manera presencial en las instalaciones del Museo de la Ciencia y el Cosmos, perteneciente al Cabildo de Tenerife, y de manera virtual (cuando los datos pandémicos empeoraban) a través de la plataforma *Google Meet*. En cada una de estas 5 sesiones (véase **figura 3**), de 3 horas de duración cada una, los docentes del proyecto explicaban los conceptos científicos básicos detrás de cada uno de los módulos, así como los recursos didácticos desarrollados para complementar las explicaciones y que pudieran ponerse en práctica en los centros educativos.

Visitas a centros escolares

Los miembros del proyecto no solo participaron en la formación de los 25 profesores de primaria que participaron en esta iniciativa; además, pusieron en práctica los recursos explicados en la formación en 6 aulas de cada uno de los 9 colegios participantes (véase **figura 4**). En este sentido, cerca de 995 alumnos de primaria asistieron a los distintos talleres. La idea de estas visitas era que los profesores de primaria participantes pudieran ser testigos y partícipes de la puesta en práctica de los recursos y evaluar el impacto sobre sus alumnos.



Figura 4. Distintas actividades llevadas a cabo en los centros escolares por parte de los docentes del proyecto.

Evaluación de las actividades

En este proyecto es de capital importancia la participación del profesorado de los centros educativos. El profesorado debe ser y debe sentirse parte activa en los proyectos coordinados desde los departamentos de didáctica de la Universidad. En este sentido, los módulos y talleres puestos en práctica en los centros educativos han sido evaluados por los profesores, para conocer su opinión sobre la adecuación de los talleres, la calidad del material, el anclaje curricular y el interés que despierta en sus alumnos. Toda esta información se ordenó en una ficha de observación y evaluación (**figura 5**) que el profesorado participante contestaba cuando asistía a los talleres.

Los alumnos de primaria también contestaron una encuesta sobre los talleres; para los alumnos de hasta tercero de primaria se realizó mediante la aplicación Plickers (<https://www.plickers.com>), mientras que los alumnos de cuarto a sexto la hicieron en papel. Las preguntas para los alumnos, con una escala del tipo nada, poco, algo y mucho eran:

1. ¿Te lo has pasado bien?
2. ¿Has aprendido algo?
3. ¿Te gustaría hacer más experimentos como estos?
4. ¿Los experimentos te han parecido difíciles?
5. Después de ver los experimentos, ¿entiendes que la ciencia explica cómo funcionan las cosas?

Se está en el proceso de análisis de los resultados de las encuestas; no obstante, los primeros datos indican que el profesorado está muy sa-

El objetivo de esta ficha de observación es que, desde tu perspectiva docente, analices un ejercicio de análisis sobre los contenidos y las propuestas didácticas que se realizan en cada uno de los módulos del proceso "Ciencia a la Escuela". Es especialmente importante que busques la relación que existe entre estas propuestas y los elementos curriculares, así como posibles vías de evaluación y valoración de los materiales y recursos empleados.

Recuerda que deberás cumplimentar esta ficha al finalizar los sesiones de cada módulo y enviarla para ser valorada en la tarea finalizada en el aula virtual del proyecto.

Modulo:	Energía	Materia	Combinación	El Sol	Volcanes
¿Entendiste la actividad? ¿Hay conceptos o contenidos que no entiendes? ¿Cuáles?					
Desde tu experiencia docente, ¿qué incluye, contribuye o enriquece de la propuesta?					
¿No gustaría que incluyeras al análisis curricular de la actividad con tu curso (programa) en la que la impartes, después, objetivos didácticos, contenidos, competencias...?					
¿Qué se ha pasado la actividad? ¿Qué destacas?					
¿Con respecto al uso de materiales... ¿creen que falta o sobra algún material? ¿Los materiales empleados son adecuados en su práctica diaria? ¿Por qué?					

Logos de la Universidad de La Laguna, el Cabildo de Tenerife, el Museo de la Ciencia y el Cosmos, y el MCC.

Figura 5. Hoja de valoración de las actividades para el profesorado participante en los talleres en los centros escolares.

tisfecho con la calidad de los talleres y, sobre todo, queda patente que ha comprendido el interés que tiene ordenar el currículo científico en torno a una serie de ideas globalizadoras. También destaca la utilización de materiales cotidianos, sencillos y baratos para la realización de las actividades.

Actividad de cierre

Como cierre de este proyecto, se realizó una actividad con todo el profesorado participante en las instalaciones del Museo de la Ciencia y el Cosmos. La idea de esta actividad era volver a recalcar la estrategia de las Grandes Ideas de la Ciencia y cómo la hemos usado a lo largo del proyecto. Además, se volvieron a demostrar algunos de los recursos puestos en práctica en los colegios. La parte central de esta actividad consistió en visitar los recursos didácticos disponibles en el museo y que están relacionados con los módulos explicados en el proyecto (véase **figura 6**). De esta forma queríamos que los profesores vieran, de primera mano, el potencial didáctico del museo y la forma en que pueden usar esos recursos para complementar lo enseñado y aprendido en las aulas.



Figura 6. Visita a las instalaciones del Museo de la Ciencia y el Cosmos y explicación de los módulos asociados al proyecto.

CONCLUSIONES

‘Ciencia a lo Grande’ surge por la necesidad de formar al profesorado de educación primaria de la isla de Tenerife en contenidos y estrategias relacionados con la didáctica de las ciencias experimentales. Es un proyecto participativo, donde los profesores participantes tienen un papel fundamental a la hora de evaluar y anclar curricularmente las actividades y talleres que se les proponen. La formación es mayoritariamente práctica y el profesorado puede ver el impacto de los módulos formativos en su alumnado. Los primeros resultados indican que el proyecto ha tenido una gran acogida por parte de los participantes. Es de destacar también la participación del museo insular de ciencia, que permite que el profesorado adquiera una diferente visión sobre el papel que estas instituciones juegan en la formación del alumnado de primaria.

En definitiva, el proyecto ‘Ciencia a lo Grande’ ha acercado al profesorado de primaria participante a una nueva forma de ordenar el currículo científico, hacerlo más cercano a la vida cotidiana del alumnado y mucho más práctico y motivador.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto surge de un convenio de colaboración entre la Fundación General de la Universidad de La Laguna (a través de su unidad de cultura científica, Cienci@ull), el Cabildo Insular de Tenerife - Tenerife Joven y Educa y Museos de Tenerife.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OON, P.T. y SUBRAMANIAM, R. (2011) On the declining interest in physics among students—from the perspective of teachers. *Int. J. Sci. Educ.* 33, 727-746, doi:10.1080/09500693.2010.500338
- [2] POTVIN, P., y HASNI, A. (2014) Analysis of the decline in interest towards school science and technology from grades 5 through 11. *J. Sci. Educ. Technol.* 23, 84–802. doi:10.1007/s10956-014-9512-x
- [3] CHU, R. y WHITE, S. (2021) Focus on high school physics overview, AIP. <https://www.aip.org/statistics/reports/high-school-physics-overview-19>

- [4] (2022) <https://riull.ull.es/xmlui/control/915/25122>
- [5] WILLIAMS, C., STANISSTREET, M., SPALL, K., BOYES, E., y DICKSON, D. (2003) Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education* 38, 324. doi:10.1088/0031-9120/38/4/306
- [6] WILSON, R., MACK, J. (2014) Declines in high school mathematics and science participation: Evidence of students' and future teachers' disengagement with maths. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education* 22, 35-48.
- [7] BARMBY, P. y DEFTY, N. (2006) Secondary school pupils' perceptions of physics. *Research in Science and Technological Education* 24, 199. doi:10.1080/02635140600811585
- [8] TOBIAS, S. (1993) What makes science hard? A Karplus lecture. *J. Sci. Educ. Technol.* 2, 297-304. doi:10.1007/BF00694593
- [9] ARCHER, L., MOOTE, J., MACLEOD, E., FRANCIS, B., y DEWITT, J. (2020) ASPIRES 2: Young people's science and career aspirations, age 10-19. London: UCL Institute of Education.
- [10] HEINRICH, V.E. (2018) Motivating non-science majors: the technology of electromagnetic waves *Phys. Teach.* 56, 29. doi:10.1119/1.5018686
- [11] HARLEN, W. (2010) Principles and Big Ideas of Science Education, <https://www.ase.org.uk/bigideas>

PAUTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DIVULGATIVA Y FORMATIVA DE UN JUEGO DE MESA SOBRE PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DE CASTILLA-LA MANCHA

Jesús Gamarra¹, Omid Fesharaki² y Alejandra García Frank¹

¹ Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, UCM. Madrid. (España).

² Unidad Docente de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, UCM. Madrid (España).

Dirección de correspondencia: jesusgamarrag98@gmail.com

Palabras clave: gamificación; aprendizaje basado en juegos; juego de mesa; divulgación científica; patrimonio paleontológico.

Keywords: gamification; game-based learning; board game; scientific divulgation; palaeontological heritage.

Resumen

Como parte de un trabajo de una asignatura del Máster de Paleontología Avanzada UCM/UAH, se elaboró un juego de mesa sobre divulgación del patrimonio paleontológico castellano-manchego mediante una metodología de gamificación. Se implementó como actividad en la Semana de la Ciencia y la Innovación 2021. Se elaboraron cuestionarios previos y posteriores a la actividad para cuantificar el impacto en conocimientos que podría tener esta actividad. Se presentan los resultados preliminares y se propone una metodología sobre los aspectos a tener en cuenta en la elaboración de este tipo de cuestionarios sobre paleontología. Los resultados preliminares muestran una clara componente motivacional de esta actividad y un aumento de los conocimientos en paleontología.

Abstract

As part of a project for one subject of the UCM/UAH Master Degree in *Paleontología Avanzada*, a board game was developed for the dissemination of the palaeontological heritage of Castilla-La Mancha through a gamification methodology. It was implemented as an activity in *Semana de la Ciencia y la Innovación 2021*. Questionnaires were prepared to be used before and after the activity. Preliminary results are presented and a methodology is proposed on the aspects to be taken into account in the elaboration of this type of questionnaire on Palaeontology. Preliminary results also show a clear motivational component of this activity and an increase in knowledge in Palaeontology.

INTRODUCCIÓN

La divulgación científica vive un gran momento en la actualidad, siendo cada vez más común su presencia en medios audiovisuales y redes sociales, posiblemente por el fácil acceso a este tipo de formatos y, de forma general, su rápido consumo. La divulgación geológica también se acoge a esta corriente y se han reconocido una serie de acciones que facilitan que sea efectiva [1]. También se ha resaltado el importante papel que tiene la divulgación geológica como agente de alfabetización científica de cara a informar a la sociedad sobre los avances en esta disciplina ya sea de forma indirecta -sin contacto con el público- o directa [2].

Más concretamente, en este campo de las ciencias geológicas, destaca de entre todas sus ramas la divulgación de la paleontología por el gran interés del público general en esta disciplina científica al tener una fuerte

presencia en la cultura popular hoy en día. Cabe señalar que, dentro de los trabajos relacionados con la divulgación geológica en general y paleontológica en particular, hay una fuerte apuesta por hacerlos inclusivos, fomentando el acceso universal a la divulgación científica. Este enfoque enriquece el número y tipo de público que se puede beneficiar de las acciones. Así, incluir a personas que no suelen tener acceso a estas acciones fomenta prácticas de difusión geológica para personas con discapacidad visual [3-5], talleres paleontológicos para discapacidad auditiva o sordoceguera [6-8] o personas con otras barreras [9-13].

No obstante, hay nuevas posibilidades de divulgación y formación en ciencias más allá de estos medios audiovisuales tradicionales: literatura, prensa, museos y exposiciones... e incluso juegos de mesa.

Aunque el uso de juegos y actividades lúdicas ha sido común en la enseñanza mediante el uso de la gamificación y el aprendizaje basado en juegos, es en las últimas décadas cuando se está generalizando su uso para la enseñanza de las ciencias geológicas y otras disciplinas, y se están ampliando y diversificando las metodologías de divulgación a través de los juegos de mesa. Ya existen estudios previos que resaltan la importancia de la gamificación como recurso de divulgación paleontológica [14-18].

Como indican Deterding y col. [19] la gamificación "...es el uso de elementos y mecánicas diseñadas para juegos en ámbitos que normalmente no son lúdicos". Tradicionalmente, uno de esos ámbitos de la educación en el que, generalmente, los alumnos se limitan a atender a la presentación de un contenido o a la realización de una actividad concreta y a asimilar lo que es expuesto por el profesorado. Podría decirse que la vía de divulgación/formación en este tipo de docencia es una línea recta, unilateral, entre la presentación por parte del docente y la asimilación de los conceptos expuestos por parte del alumnado.

Sin embargo, la gamificación busca combinar la actividad docente con el juego, de forma que el alumnado, aparte de asimilar los conocimientos adquiridos: se involucre en la realización de la actividad; se motive por el desarrollo y objetivos del juego; se concentre en el mismo; y expanda su creatividad e imaginación [20]. De esta forma, la vía de divulgación/formación se vuelve mucho más compleja, y no es tan directa y unilateral hacia el alumnado.

MATERIAL Y METODOLOGÍA

Con la premisa de divulgar la ciencia mediante un juego de mesa, se realizó un trabajo para la asignatura de Patrimonio Paleontológico y Gestión de Materiales Paleontológicos del curso 2020/2021 del Máster de Paleontología Avanzada UCM/UAH. En esta asignatura, uno de los trabajos evaluables era la realización de una actividad divulgativa de una comunidad autónoma de España a elegir mediante una actividad concreta. En este caso concreto, se eligió la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha y se optó por un juego de mesa como actividad divulgativa. Éste trata de simular un safari fotográfico en las cinco provincias castellano-manchegas, fotografiando los diferentes animales prehistóricos de esta región.

La propuesta del juego cobró forma en la Semana de la Ciencia y la Innovación 2021 (**figura 1**), donde fue ofertada para público general (o especializado) como actividad con la ayuda del Proyecto Innova Docencia UCM Geodivulgar. Varias personas se inscribieron a esta actividad como participantes en el juego de mesa, los cuales a su vez participaron en este estudio para cuantificar el impacto formativo y divulgativo del juego de mesa en sus conocimientos sobre paleontología y patrimonio paleontológico de Castilla-La Mancha.

Para evaluar estos conocimientos adquiridos, se realizaron dos tipos de cuestionarios a los participantes. Se realizó un cuestionario de ideas previas y otros de conocimientos adquiridos tras la intervención formativa.



Figura 1. Realización de la actividad en la Semana de la Ciencia y la Innovación 2021.

Más tarde, el impacto formativo de esta actividad se refleja en un cuestionario posterior justo al finalizar la actividad, con el objetivo de que los participantes expresen los nuevos conocimientos adquiridos. También es recomendable realizar un segundo cuestionario posterior unos días o una semana después de que haya tenido lugar la actividad para poder estudiar la fijación de los nuevos conceptos adquiridos mediante el juego de mesa.

A la hora de realizar los cuestionarios se ha de tomar en cuenta una serie de factores previos relativos a los participantes a la hora de elaborar un cuestionario: su intervalo de edades; su nivel de estudios; su interés por la temática de la que trata el juego, en nuestro caso la paleontología.

En esta primera evaluación de la actividad se parte con que gran parte de los participantes en la actividad tienen formación científica, son del ámbito universitario y tenían un interés previo por la paleontología. Es por ello que las cuestiones fueron más concretas que las que serían destinadas a un público general.

También hay otra serie de factores externos a los participantes, como el tiempo disponible para realizar la actividad y el cuestionario, el lugar donde se realice la actividad, y que una persona experta externa a la realización de la actividad haga una validación de los cuestionarios para que éstos sean lo más sencillos y accesibles posible.

CUESTIONARIO PREVIO

Las preguntas del cuestionario previo comenzaron por los datos de contacto de los participantes: nombre, edad (los participantes tenían entre 20 y 43 años) y su correo electrónico.

La siguiente pregunta hace referencia al nivel de estudios, ofreciendo diferentes niveles para que escogieran al que habían llegado o en el que estaban en el momento en el que tuvo lugar la actividad; ESO, Bachillerato, Formación Profesional, estudiante de máster; estudiante predoctoral, postdoctoral, otro. En esta primera sesión de juego conformaron la partida un estudiante de Formación Profesional, tres estudiantes universitarios (Ingeniería Geológica, Geología y Gestión Aeronáutica), dos estudiantes de máster (Biología), un estudiante predoctoral (Biología), un estudiante postdoctoral (Geología) y otra persona independiente (Graduado en Geología).

Tabla 1. Cuestiones y resultados referentes al interés previo de los participantes por la paleontología. El valor numérico indica el porcentaje de respuestas elegidas por los participantes, siendo el 100% los 9 voluntarios que participaron en la actividad.

¿Te gusta la paleontología?		
Si: 100%	No: 0%	Sólo sentía interés por la actividad: 0%
¿Qué medios relacionados con la paleontología consultas?		
Libros de divulgación: 55,5%	Películas: 33,3%	Otras actividades: 11,1%
Artículos especializados: 77,7%	Videojuegos: 11,1%	Juegos de mesa: 11,1%
Videos: 66,6%	Museos: 88,8%	
¿Has visitado alguna vez algún yacimiento paleontológico?		
SI: 77,7%	NO: 22,2%	

Para valorar el interés de los participantes por la paleontología, se incluyeron las preguntas de la **tabla 1**.

Tras este grupo de cuestiones introductorias se optó por hacer una serie diferente de preguntas más concretas, relacionadas con sus conocimientos previos sobre el patrimonio paleontológico de Castilla-La Mancha y poder valorar la efectividad divulgativa y formativa que se realiza hacia el público general sobre la paleontología de esta comunidad autónoma (**tabla 2**). Para que las respuestas fueran más complicadas, se añadieron yacimientos paleontológicos de otras regiones españolas, yacimientos mineralógicos (aunque Almadén es castellano-manchego, pero es incorrecta la respuesta) y yacimientos arqueológicos.

Tabla 2. Cuestiones y resultados referentes al nivel de conocimientos previos de los participantes del patrimonio paleontológico de Castilla-La Mancha. Los yacimientos paleontológicos correctos se encuentran coloreados en naranja claro, y los yacimientos mineralógicos/arqueológicos en naranja oscuro.

Indica qué yacimientos paleontológicos crees que son de Castilla-La Mancha.			
Atapuerca: 11,1%	El Rincón: 22,2%	Almadén: 11,1%	Somosaguas: 0%
Las Hoyas: 77,7%	Batallones: 22,2%	Altamira: 0%	El Atance: 0%
Riotinto: 0%	Salas de los Infantes: 22,2%	Camp dels Ninots: 0%	Puertollano: 33,3%
¿Conoces algún fósil que se haya descubierto en Castilla-La Mancha?			
No: 22,2%	Fauna variada: 11,1%	Nombres científicos (en todos <i>Concavenator</i>): 66,6%	

Se añadió a continuación una serie de preguntas generales de paleontología (tabla 3).

Tabla 3. Cuestiones y resultados referentes al nivel de conocimientos previos de los participantes de paleontología general.

¿Qué edad tiene la tierra?		
4.600 Ma: 44,4%	4.500 Ma: 44,4%	4.453 Ma: 11,1%
¿Qué es un fósil?		
Libros de divulgación: Correctos: 100%, pero el 66,6% matizando con la frase “productos de actividad biológica” 55,5%		
¿Qué es la paleontología y en qué se diferencia de la arqueología?		
Correctos: 100%		
¿Los humanos convivieron con los dinosaurios?		
NO: 88,8%	Con dinosaurios avianos sí: 22,2%	
¿Qué es el patrimonio paleontológico?		
Sin respuesta: 22,2%	Fósiles en museos: 11,1%	Fósiles y yacimientos: 11,1%
		Valor cultural y protección: 55,5%

Finalizando el cuestionario previo, se seleccionaron cinco períodos geológicos (todos ellos relevantes en el juego de mesa) para ver lo que sabían de ellos los participantes en cuanto a sucesos que ocurrieron, especies características, edades, etc. (tabla 4).

CUESTIONARIO POSTERIOR

En cuanto al cuestionario posterior, se incluyeron unas preguntas al comienzo para que los participantes valorasen el juego y tener en cuenta sus consejos y comentarios para aplicarlos en futuras sesiones del juego y en la elaboración de futuros cuestionarios. Las valoraciones fueron muy positivas, les pareció divertido y entretenido, si bien cambiarían alguna mecánica del juego.

Como se mencionó previamente, en el cuestionario posterior se incluyeron algunas preguntas que aparecieron en el cuestionario previo para poder valorar el impacto formativo de la actividad en los participantes. La primera de todas fue la de que señalaran qué yacimientos eran de Castilla-La Mancha, esta vez desordenados (tabla 5) para que no tuviera la misma disposición que en el cuestionario previo (tabla 2). También se les preguntó si podían añadir algún yacimiento paleontológico castellano-mancheño nuevo que hayan conocido. El 44,4% de las respuestas apuntó únicamente Lo Hueco, dejando el resto vacía esta casilla del cuestionario.

Tabla 4. Cuestiones y resultados referentes al nivel de conocimientos previos de los participantes en los sucesos que ocurrieron en cinco períodos geológicos.

Pon lo que sepas de los diferentes períodos geológicos
Cámbrico: invertebrados marinos, explosión cámbrica
Carbonífero: carbón, bosques, niveles altos oxígeno, insectos
Triásico: extinción, mamíferos, desiertos, aparición dinosaurios
Cretácico: extinción dinosaurios, <i>Tyrannosaurus</i> , meteorito
Neógeno: mamíferos

Tabla 5. Cuestiones y resultados referentes al nivel de conocimientos posteriores de los participantes del patrimonio paleontológico de Castilla-La Mancha. Los yacimientos paleontológicos correctos se encuentran coloreados en naranja claro, y los yacimientos mineralógicos/arqueológicos en naranja oscuro.

Indica qué yacimientos paleontológicos crees que son de Castilla-La Mancha.			
Atapuerca: 0%	El Rincón: 100%	Almadén: 11,1%	Somosaguas: 0%
Las Hoyas: 100%	Batallones: 0%	Altamira: 0%	El Atance: 100%
Riotinto: 0%	Salas de los Infantes: 0%	Camp dels Ninots: 0%	Puertollano: 100%
¿Conoces algún fósil que se haya descubierto en Castilla-La Mancha?			
No: 0%	Fauna variada: 66,6%	Nombres científicos (en todos <i>Concavenator</i>): 77,7%	

Para finalizar el cuestionario posterior, se les volvió a pedir que escribiesen todo lo que sabían sobre los cinco períodos geológicos por los que se les había preguntado en el cuestionario previo (tabla 6).

Tabla 6. Cuestiones y resultados referentes al nivel de conocimientos posteriores de los participantes en los sucesos que ocurrieron en cinco períodos geológicos concretos. Las nuevas respuestas aparecen marcadas en negrita, y las que aparecían en el cuestionario previo y en el posterior no se incluyeron aparecen tachadas.

Pon lo que sepas de los diferentes períodos geológicos
Cámbrico: invertebrados marinos, explosión cámbrica, arqueociatos y estromatolitos (22,2%)
Carbonífero: carbón, bosques, niveles altos oxígeno, peces (77,7%), trilobites (11,1%), insectos
Triásico: extinción, mamíferos, desiertos, reptiles marinos (88,8%), aparición dinosaurios
Cretácico: extinción dinosaurios, aparición angiospermas (22,2%), aves (66,6%), Tyrannosaurus, meteorito
Neógeno: mamíferos, sabanas (77,7%), comienzo glaciaciones (22,2%), seres humanos (11,1%)

participantes con el objetivo de tener un mayor conocimiento del impacto divulgativo y formativo de esta actividad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las sugerencias y comentarios que han permitido mejorar la calidad final del manuscrito. Este estudio ha sido financiado por la Fundación madri+d y por el proyecto Geodivulgar: Geología y Sociedad. INNOVA-DOCENCIA n°-I02 2021/2022 (UCM; <https://www.ucm.es/geodivulgar/>).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] IGLESIAS ÁLVAREZ, N., GARCÍA FRANK, A., FESHARAKI, O. (2017) Ideas y reflexiones para una divulgación científica efectiva. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Aula, Museos y Colecciones* 4, 29-41.
- [2] GARCÍA-FRANK, A, FESHARAKI, O., RODRIGO, A. (2019). Innovación en la Divulgación de la Geología: Propuestas inclusivas hechas por estudiantes para estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 27, 116-118.

CONCLUSIONES

Mediante la realización de cuestionarios previos y posteriores a la actividad de un juego de mesa relacionado con el patrimonio paleontológico de Castilla-La Mancha se ha observado que los participantes tienen un buen conocimiento previo sobre paleontología general y patrimonio paleontológico. También es destacable que se refleje en los cuestionarios un desconocimiento de la paleontología castellano-manchega por una falta de divulgación muy evidente más allá de algunos yacimientos que sí lo hacen. Los resultados en los cuestionarios posteriores de la actividad realizada reflejan un aumento en los conocimientos de paleontología en la mayoría de participantes, especialmente en las cuestiones de patrimonio paleontológico castellano-manchego. No obstante, es necesario aumentar el número de encuestas y contar con mayor diversidad de

- [3] FESHARAKI, O., GARCÍA-FRANK, A., IGLESIAS ÁLVAREZ, N., GOMEZ-HERAS, M., MARTÍN-PEREA, D., RICO, R. (2016). Diseño universal y materiales multisensoriales en las actividades de divulgación de Geodivulgar con la asociación Ciencia sin Barreras. *Geo-Temas* 16, 729-732.
- [4] FESHARAKI, O., GARCÍA-FRANK, A., GOMEZ-HERAS, M. (2020). Monográfico: Geología Inclusiva. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Editorial AEPECT* 28, pp. 149-260.
- [5] GOMEZ-HERAS, M., GONZALEZ-ACEBRON, I., MUÑOZ-GARCÍA, I., GARCÍA-FRANK, A., FESHARAKI, O. (2017). A stratigraphy fieldtrip for people with visual impairment. *Geophysical Research Abstracts* 19, EGU2017-14996.
- [6] GARCÍA-FRANK, A., GÓMEZ-HERAS, M., FESHARAKI, O., IGLESIAS ÁLVAREZ, N., y GONZALO-PARRA, L. (2016). Science without Barriers: towards the take-off of Social Palaeontology. *Palaeontological Association Newsletter* 91, 50-55.
- [7] GOMEZ-HERAS, M., CANALES, M.L., GONZÁLEZ-ACEBRÓN, L., MUÑOZ-GARCÍA, M. B., FESHARAKI, O., GONZALO, L., GARCÍA-FRANK, A. (2017). Inclusive multisensorial activities for people with disabilities: a case study developed in the Basque Coast Geopark in Zumaya (North Spain). *14th European Geoparks Conference (Azores) Abstracts Book*, pp. 135.
- [8] SÁNCHEZ-FONTELA, N., BERROCAL-CASERO, M., FESHARAKI, O., GARCÍA-FRANK, O., RODRIGO, A. (2019). Aprendizaje basado en el diseño universal: talleres sobre paleontología de invertebrados, mapas paleogeográficos y la deriva continental. *Enseñanza para las Ciencias de la Tierra* 27, 172-181.
- [9] DE LA OSSA, L., TEJEDOR-NAVARRO, N., FESHARAKI, O. (2012). Experiencias durante la construcción de un diorama del Mioceno de Somosaguas por parte de alumnos con necesidades educativas especiales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 20, 290-296.
- [10] GARCÍA FRANK, A., GÓMEZ-HERAS, M., GONZALO PARRA, L., CANALES FERNÁNDEZ, M.L., MUÑOZ GARCÍA, M.B., GONZÁLEZ ACEBRÓN, L., GARCÍA HERNÁNDEZ, R., HONTECILLAS, D., IGLESIAS ÁLVAREZ, N., SALAZAR RAMÍREZ, R.W., FESHARAKI, O., NAVALPOTRO, T., REVIEJO, M., RODRIGO SANZ, A., DEL MORAL, B., SARMIENTO, G.N., URETA, S. (2014) Ready-to-serve Geology! Portable kits for scientific divulgation to people with functional diversity. En GÓMEZ CHOVA, I., LÓPEZ MARTINEZ, A., CANDEL TORRES, I. (eds.) *ICERI 2014 Proceedings, IATED Academy*. Sevilla, pp. 4666-4672.
- [11] GARCÍA-FRANK, A., GOMEZ-HERAS, M., FESHARAKI, O. (2017) Inclusive outreach practices in Palaeontology: Inclusive-Coworking. *Geophysical Research Abstracts* 19, EGU2017-12720, 2017.
- [12] GARCÍA-FRANK, A., FESHARAKI, O., IGLESIAS ÁLVAREZ, N., HERRERO DOMÍNGUEZ, S., FAJARDO PORTERA, P., HERVELLA MACÍA, A.B., DE FRANCISCO FERNÁNDEZ, V., GARCÍA HIJÓN, V., SÁNCHEZ ALBA, B. (2020). Importancia del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA): Caso de estudio en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 28, 155-166.
- [13] GARCÍA-FRANK, A., SANZ-PÉREZ, D., CAMBRONERO GARCÍA-MIGUEL, I., FESHARAKI, O., ACEDO PEÑATO, A., PECO, V.G. (2021) Madrid Science and Innovation Week: virtual adaptations in geological outreach activities. *INTED2021 Proceedings*, 2538-2547.
- [14] CERVILLA-MUROS, M.A., RODRÍGUEZ-CASTRO, L., VITÓN, I., SALAS-HERRERA, J., ACEDO, A., GARCÍA-FRANK, A., FESHARAKI, O. (2019). "With your fossil... To the past!" A paleontological escape room proposal for the XVIII Science Week in Madrid. *4th International Meeting of Early-stage Researchers in Palaeontology Cuenca (Spain)*, 16.
- [15] SALAS-HERRERA, J., RODRÍGUEZ-CASTRO, I., CERVILLA-MUROS, M.A., VITÓN, I., ACEDO, A., GARCÍA-FRANK, A., FESHARAKI, O. (2019) Aplicaciones de las escape rooms en la difusión de la paleontología: consideraciones iniciales. *Zubia* 31, 139-144.
- [16] CAMBRONERO, I., SANZ-PÉREZ, D., GARCÍA-CONEÑA, J.G., PECO, V., HOLGUERA-RAMÍREZ, I.M., NEBREA, S., OZKAYA DE JUANAS, S., FESHARAKI, O., GARCÍA-FRANK, A. (2020) EVOLUTIONARY

- Would you be able to survive an extinction?: An activity for the dissemination and education of Palaeontology. XVIII EJP. *Novelties in Iberian Palaeontology*, 53.

- [17] SANZ-PÉREZ, D., CAMBRONERO, I., GARCÍA-COBEÑA, J.G., PECO, V.M., NEBRED, S., OZKAYA DE JUANAS, S., FESHARAKI, O., GARCÍA-FRANK, A. (2020). "Evolutionary": divulgación y enseñanza de la paleontología mediante la gamificación. *Cuadernos de Actividades. Monográfico Gamificación; Enseñanza para las Ciencias de la Tierra* 28, 125-36.
- [18] RODRÍGUEZ-CASTRO, I., CERVILLA-MUROS, M.A., VITÓN, I., SALAS-HERRERA, J., ACEDO-PEÑATO, A., GARCÍA-FRANK, A., FESHARAKI, O. (2021). Aspectos organizativos y educativos de la implementación de un escape room paleontológico por parte de estudiantado de máster. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 34, 17-27.
- [19] DETERDING, S., DIXON, D., KHALED, R., NACHE, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". En LUGMAYR, A., FRANSSILA, H., SAFRAN, C., HAMMOUDA, I. (eds.) *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*, pp. 9-15.
- [20] ROMERO SANDÍ, H., ROJAS RAMÍREZ, E. (2013). La Gamificación como participante en el desarrollo B-learning: Su percepción en la Universidad Nacional, Sede Regional Brunca. *11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 1-10.

LA ENSEÑANZA NO FORMAL DE LA GEOGRAFÍA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON BASE EN EL TEATRO POPULAR COMO RECURSO LÚDICO. ESTUDIO DE CASO DEL PROGRAMA “PILARES” EN ALCALDÍAS IZTAPALAPA Y COYOACÁN DE LA CIUDAD DE MÉXICO EN EL PERIODO DE ABRIL A OCTUBRE DE 2019

Lucero Adriana Mendoza Gutiérrez

Grupo La Bombilla IluminArte con Ciencia. Ciudad de México (México).

Dirección de correspondencia: lucero.meng@gmail.com

Palabras clave: enseñanza no formal; teatro popular; geografía; educación básica.

Keywords: non formal education; popular theater; geography; basic education.

Resumen

El grupo La Bombilla IluminArte con Ciencia es un colectivo mexicano de divulgación de ciencia formado en 2015. Algunas de las actividades llevadas a cabo son puestas en escena populares. Aunque se entiende que el teatro es un elemento cultural que generalmente tiene objetivos recreativos, tiene herramientas que pueden ser aplicadas dentro de un marco pedagógico. De esta manera, se pretende analizar la educación no formal para la enseñanza de la geografía en la educación básica con base en el teatro popular como una estrategia didáctica en las Alcaldías Iztapalapa y Coyoacán de la Ciudad de México en el marco del programa “PILARES” en el período de abril a octubre de 2019.

Abstract

The group La Bombilla IluminArte con Ciencia is a Mexican science popularization group formed in 2015. Some of the activities carried out are popular staging; although it is understood that theater is a cultural element that generally has recreational objectives, it has tools that can be applied within a pedagogical framework. In this way, it is intended to analyze non-formal education for the teaching of geography in basic education based on popular theater as a didactic strategy in the Iztapalapa and Coyoacán Mayors of Mexico City within the framework of the “PILARES” program, in the period between April and October 2019.

DESARROLLO

El grupo La Bombilla IluminArte con Ciencia es un colectivo de divulgación de ciencia formado en 2015. Conformado por estudiantes y egresados de distintas áreas temáticas de la Universidad Nacional Autónoma de México, tiene como objetivo principal coadyuvar en la formación académica y humanitaria de la sociedad mexicana con base en el ejercicio de diversas actividades divulgativas dirigidas a público en general, las cuales se consideran actividades de educación “no formal” desde el punto de vista pedagógico.

Actualmente el equipo trabaja en un documento académico que se presenta a continuación, el cual tiene como objetivo licenciar a la autora en la Carrera de Geografía, cursada en la Facultad de Filosofía y Letras de la universidad antes mencionada, tomando como base la experiencia rescatada por puestas en escena

impartidas por el colectivo La Bombilla en comunidades marginadas de la Ciudad de México, en el marco de un programa gubernamental financiado por la Secretaría de Cultura del gobierno de la Ciudad de México.

El teatro es un elemento cultural que generalmente tiene objetivos recreativos; sin embargo, tiene herramientas que pueden ser aplicadas dentro de un marco pedagógico. De esta manera, se pretende analizar la educación no formal para la enseñanza de la geografía en la educación básica, con base en el teatro popular como una estrategia didáctica en las Alcaldías Iztapalapa y Coyoacán de la Ciudad de México, en el marco del programa “PILARES” en el período de abril a octubre de 2019.

JUSTIFICACIÓN

La “educación no formal” presenta ventajas respecto a la “educación formal” pues los espacios de enseñanza y las herramientas didácticas salen de la estructura tradicional escolarizada. De esta manera, el teatro *popular* funciona como herramienta pedagógica que se puede aplicar en espacios públicos, donde los recursos invertidos por los asistentes son mínimos (como el tiempo y costo de transporte, cuotas de acceso a infraestructuras especializadas, etc.) y, con ello, aumenta la posibilidad de consumo teatral.

De igual manera, el teatro popular funge como un medio para reforzar de forma amigable los conceptos básicos que, según la educación básica, deben caracterizar la formación educativa de la infancia puesto que, de manera ventajosa, el teatro popular caracteriza en personajes situaciones particulares de la vida real donde los niños pueden interactuar y, con ello, el sentido de pertenencia durante la puesta en escena genera estímulos que ayudan a la mejor comprensión de la información, a diferencia del teatro institucionalizado donde los asistentes fungen únicamente como espectadores.

Del mismo modo, el teatro *popular* puede ser promotor de un aprendizaje integrado al conjuntar en su praxis (desde el guión hasta la puesta en escena) conceptos y saberes propios de distintas áreas temáticas. Por ejemplo, en la propuesta de ser *ciudadano del mundo* se debe considerar la expresión espacial (geografía) y la moral (formación ética) de la niñez y del conocimiento transmitido. De esta manera, se ayuda en el entendimiento que los niños tienen de su medio.

Cabe mencionar que el presente trabajo analiza desde un enfoque *crítico* (entiéndase la corriente contemporánea de pensamiento geográfico) el tema de la enseñanza de los conceptos básicos de la Geografía en México que deben ser abordados en el nivel básico de educación y sus objetivos. Además, se analizará la problemática que supone el privilegio social, ejemplificando con el teatro la forma en que el “derecho a la cultura” ha sido afectado por la desigualdad.

Es importante resaltar que el presente documento y su investigación se encuentran actualmente en desarrollo, ya que se trata de una recopilación de experiencias profesionales y su análisis crítico, para obtener el título de licenciada en geografía de la autora, por lo que se comparten avances sustanciales hasta el momento.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la educación no formal, en el caso de la práctica del teatro popular, para asociarlo como una estrategia didáctica en la enseñanza de la geografía, en los grados 4º, 5º y 6º de primaria, de acuerdo al programa de estudios de Educación básica SEP 2017, con base en las experiencias del programa “PILARES” en las Alcaldías Iztapalapa y Coyoacán de la Ciudad de México en el periodo de abril a octubre de 2019.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar las características de la educación formal y no formal, así como de las estrategias didácticas en general, para establecer sus diferencias y aportes en los procesos de aprendizaje de los individuos (aprendizaje integrado).
- Analizar el programa de estudios de geografía a nivel básico de 4º, 5º y 6º grado de primaria, para destacar los propósitos y enfoque pedagógico que se deben considerar en la enseñanza de esta materia en México.

- Contextualizar al teatro popular dentro de un marco lúdico cultural para relacionar con las actividades realizadas dentro del programa "PILARES" y con relación de la enseñanza no formal de la geografía, en las alcaldías Iztapalapa y Coyoacán de la Ciudad de México en el período de abril a octubre de 2019.
- Valorar el teatro popular como estrategia didáctica en la educación no formal en la enseñanza de la geografía y como promotor de un aprendizaje integrado para proponer su uso en temas específicos del programa de estudios de geografía en educación básica.

METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo se reúnen de manera escrita las experiencias personales obtenidas a lo largo de 12 meses de trabajo relacionadas a la adaptación y creación de contenido educativo para obras de teatro infantiles desde el marco de la divulgación de la ciencia, que, en términos pedagógicos, se enmarca dentro de la llamada "educación no formal".

A partir de la experiencia recabada y de la mano de apoyo visual como fotografías de puestas en escena, mapas, esquemas y gráficos, además de apoyo bibliográfico sobre temáticas de enseñanza, se analizará la función que el teatro popular juega dentro de la educación básica en un contexto cultural.

Para ello se debe comenzar considerando los 6 meses de trabajo de gabinete previo a las puestas en escena, como la escritura o adaptación del guión, el cual es sumamente importante, pues desde los diálogos entre personajes es que se expresan abiertamente ciertos conceptos, además de la preparación de vestuarios y escenografías, las cuales están pensadas con la finalidad de recrear espacios propios de un ecosistema y medio natural como los que se pretenden enseñar en la materia de geografía de manera escolarizada. Posteriormente se debe avanzar con un análisis deductivo acerca de los recursos lúdicos de enseñanza de la geografía en educación formal y no formal, para lo cual es necesario plantear, en primera instancia, el escenario pedagógico que caracterizan ambos tipos de educación para, posteriormente, analizar las herramientas y recursos utilizados en el ejercicio de la enseñanza y, con ello, evaluar el uso más adecuado de éstos en el teatro popular. También es requerido analizar el plan de estudios de la materia de Geografía de acuerdo a la SEP 2017 en el país, para establecer los conceptos teóricos que la infancia debe adquirir a lo largo de los grados 4to y 5to de educación primaria.

Una vez revisadas las características particulares de la educación no formal y los conceptos clave de aprendizaje para la materia de Geografía en educación básica, y debido a que el objetivo principal del presente trabajo es analizar el papel que juega el teatro popular dentro de este tipo de la educación no formal así como los espacios de enseñanza, particularmente en el caso de las puestas en escena recreadas dentro del programa "Entre barrios y pueblos" en Alcaldías Iztapalapa y Coyoacán de la Ciudad de México en el periodo de abril a octubre de 2019, es necesario plantear un pequeño esbozo de la historia del teatro en general, así como sus derivados y características, para lograr asociar al teatro popular como un recurso lúdico de enseñanza no formal.

Todo lo anterior implica un proceso de recopilación, análisis y depuración de información bibliográfica acorde a las temáticas preestablecidas.

Como complemento para el análisis, se inserta apoyo visual que refuerce o especifique conceptos clave a lo largo del trabajo. Particularmente y con el objetivo de ubicar espacialmente el estudio de caso, con ayuda de sistemas de información geográfica, se crean mapas de localización de las Alcaldías Iztapalapa y Coyoacán, así como diversos mapas donde se muestran las características geográficas y socioeconómicas de los espacios y la población que conforma el público objetivo, sin dejar de lado mapas de localización de los lugares donde se presentaron las puestas en escena.

Finalmente, derivado del análisis anterior donde se consideran todos los elementos involucrados en el teatro popular, particularmente las puestas en escena en las Alcaldías de Iztapalapa y Coyoacán, se muestran los resultados del proceso, donde se plantean las ventajas y desventajas del teatro popular como recurso lúdico de enseñanza en la educación no formal como promotor del aprendizaje integrado, así como una propuesta alternativa para utilizar al teatro popular dentro de los espacios de la educación formal.

ÁREA DE ESTUDIO

Las Alcaldías Iztapalapa y Coyoacán de la Ciudad de México (véase la **figura 1**) fueron los espacios donde se llevaron a cabo las puestas en escena que se analizan en el presente trabajo, por lo que es necesario plantear las características geográficas tanto físicas como sociales de dichos lugares para un mejor entendimiento.

Considerando que dichas puestas en escena fueran llevadas a cabo en el marco del festival “Entre barrios y pueblos” del programa “PILARES” de la CDMX, los espacios otorgados fueron gestionados por la Secretaría de Cultura del Gobierno de la Ciudad con el objetivo de que la población pudiera acceder de manera gratuita a las actividades, considerando que dichos espacios se ubican en colonias consideradas como marginadas o de bajos recursos socioeconómicos.

Respecto a la Alcaldía de Iztapalapa, se ubica al Oriente de la Ciudad de México. El lugar de la puesta en escena fue en Plaza Irlanda Calle Nogal S/N, entre Nogales y Encino, Colonia Citlalli, Alcaldía Iztapalapa, CP 09660 Ciudad de México, CDMX (Véanse las **figuras 2 y 3**).



Figura 1. Ubicación de las Alcaldías Coyoacán e Iztapalapa en Ciudad de México, resaltadas en color amarillo. Fuente: INEGI 2022.



Figura 2. Fotografía satelital de las colonias ubicadas alrededor de la plaza pública Irlanda, Iztapalapa, CDMX. Fuente: Google Earth.



Figura 3. Vista de calle de la plaza pública Irlanda, Iztapalapa, CDMX. Fuente: Google Maps.

En lo que respecta a la Alcaldía de Coyoacán, se ubica al Centro-Sur de la Ciudad de México. El lugar de la puesta en escena fue en el DIF-CDC “Ruiz Cortines” ubicado en Tejamanil 346, Colonia Pedregal de Santo Domingo, Alcaldía Coyoacán, CP 04369 CDMX (Véanse las **figuras 5 y 6**).

Figura 4. Foto del elenco junto al promocional del festival “Entre barrios y pueblos”, como parte del programa “PILARES” en la alcaldía de Iztapalapa, Ciudad de México. De izquierda a derecha: Aketzalli González (narradora), Lucero Mendoza (escenografía), Maricarmen García (personaje principal), Omar Betancourt (Música). Presentación de la puesta en escena *La abeja haragana*, adaptación del libro *Cuentos de la selva* de Horacio Quiroga. Fuente: fotografía propia.





Figura 5. Fotografía satelital de las colonias ubicadas alrededor del DIF-DCD Ruiz Cortines, Coyoacán, CDMX. Fuente: Google Earth.



Figura 6. Vista de calle de DIF-DCD Ruiz Cortines, Coyoacán, CDMX. Fuente: Google Maps.



Figura 7. Foto en escena en celebración del día del niño como parte del programa "PILARES" en escenario de DIF-DCD Ruiz Cortines, Coyoacán, Ciudad de México. En escena: Maricarmen García (personaje principal al frente), Lucero Mendoza (escenografía, detrás del teatrino). Presentación de la puesta en escena *La abeja haragana*, adaptación del libro *Cuentos de la selva* de Horacio Quiroga. Fuente: Página de facebook *Entre Barrios y Pueblos. Cultura Comunitaria Ciudad de México*, Gobierno de la Ciudad de México, 30 de abril de 2019.

La estructura del documento está pensada para desarrollar de manera diferenciada los distintos enfoques y áreas de estudio involucrados en el presente documento.

Primero se desarrollarán las diferencias conceptuales y funcionales entre educación formal y no formal y los modelos de aprendizaje infantil (definición de aprendizaje y procesos de aprendizaje, teoría de Piaget, aprendizaje integrado, etcétera).

Posteriormente será necesario analizar el enfoque pedagógico y propósitos de la enseñanza de la geografía en el nivel básico de la mano del programa de enseñanza de la geografía en educación primaria, grados 4º, 5º y 6º, SEP 2017 en México.

Más adelante se enlistará la definición, historia y tipos de teatro (recreativo, divulgativo, etc). Además se explicarán las características socio-políticas del programa "PILARES" del gobierno de la Ciudad de México, y las experiencias vividas en el periodo de abril a octubre de 2019, en las Alcaldías Coyoacán e Iztapalapa en CDMX.

Finalmente se realizará un análisis sobre lo que significa el teatro popular como estrategia didáctica y posterior-



Figura 8. Foto del elenco en escenario de DIF-DCD Ruiz Cortines, Coyoacán, Ciudad de México, en celebración del día del niño como parte del programa "PILARES". De izquierda a derecha: Omar Betancourt (Música), Aketzalli González (narradora), Lucero Mendoza (escenografía), Maricarmen García (personaje principal). Presentación de la puesta en escena *La abeja haragana*, adaptación del libro *Cuentos de la selva* de Horacio Quiroga. Fuente: Fuente: Página de facebook *Entre Barrios y Pueblos. Cultura Comunitaria Ciudad de México*, Gobierno de la Ciudad de México, 30 de abril de 2019.

*Por cuestiones de seguridad la foto se muestra con resolución baja para evitar el reconocimiento facial del público infantil.

mente las puestas en escena relacionadas con temas del programa de Geografía de 4º, 5º y 6º de educación primaria, SEP 2017 (y relación con otras materias).

CONCLUSIONES

Para el apartado final, será necesario realizar un análisis crítico sobre las ventajas y desventajas del teatro popular como recurso de enseñanza. Además de plantear la posibilidad de integrar las puestas en escena a las planeaciones didácticas de los profesores respondiendo a preguntas como “¿por qué?, ¿de qué manera apoyan a la integración y construcción del conocimiento infantil?, ¿bajo qué enfoque y en qué momento sería más adecuada su intervención?”, entre otras preguntas que logren justificar si el teatro popular, en efecto, es un recurso lúdico adecuado como complemento de la enseñanza no formal de la geografía.

Cuanto más analizamos las relaciones educador-educandos dominantes... nos convencemos de que estas relaciones presentan un carácter especial y determinante: el de ser relaciones de naturaleza fundamentalmente narrativa, discursiva, disertadora [1].

Si retomamos la idea principal de la cita anterior, podemos afirmar que un acierto del proceso de enseñanza y aprendizaje desde la educación no formal, particularmente desde la práctica de las puestas en escena como recurso lúdico, es que las relaciones entre los actores, que fungen como educadores (portadores del conocimiento académico dentro de un guión teatral), respecto a los educandos, que podemos ubicar como el público infantil asistente, son relaciones abiertas e informales, de tal manera que son frescas y dinámicas a pesar de basarse en un documento formal como el guión, y una vez en la praxis, la respuesta del público es diversa y para nada estática, generando un espacio cómodo para la transmisión y construcción del conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales para Aketzalli González Santiago y Maricarmen García Tenorio, quienes han realizado valiosos aportes al presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] FREIRE, P., 1989. *La educación liberadora*. Ciudad de México, Ediciones El caballito, p. 17.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

ROJAS MANDUJANO, C. (1995). *El teatro, un medio didáctico, un apoyo constructivo para la formación del adolescente en la educación medio superior*. FFyL, UNAM. Tesis para obtener el grado de licenciatura.

MAURARI BEGOÑA, A. (2013). *El teatro como herramienta docente*. Facultad de letras y de la Educación, Universidad de la Rioja. Tesis para obtener el grado en Educación infantil.

FERNÁNDEZ ESPINOSA, M. DEL C. (2001). *Teatro popular como medio de educación para la salud, participación del orientador de arte dramático del instituto mexicano del seguro social*. FFyL, UNAM. Tesis para obtener el grado de licenciatura.

VILLALPANDO MACÍAS, E. (2010). *El teatro como herramienta didáctica en el proceso de enseñanza aprendizaje en primaria y secundaria*. Ministerio de Educación Pública.

CAÑAS, JOSÉ. (2009). *Didáctica de la expresión dramática, una aproximación a la dinámica teatral en el aula*. Ediciones Octaedro.

MIRAMONTES TÉLLEZ, M. A. (2011). *Divulgación de la ciencia, una herramienta para la comunicación de riesgos. Estudio de caso: Teziutlán, Puebla*. FFyL, UNAM. Tesis para obtener el grado de licenciatura.

A CON-CIENCIA

Óscar Vázquez Mínguez, Alexandra Prada Alonso

Colegio San Juan Bautista, Madrid.

Dirección de correspondencia: ovazquez@salesianosestrecho.es

Palabras clave: SARS-CoV-2; aprendizaje; educación presencial; flipped classroom.

Keywords: SARS-CoV-2; learning; classroom education; flipped classroom.

Resumen

Durante el curso 2019-2020 una pandemia mundial derivada del SARS-CoV-2 obliga a cerrar los centros educativos durante tiempo indefinido. Aunque la actividad lectiva se recupera durante el curso siguiente los cuidados y restricciones derivadas de la pandemia nos obligan a cambiar rápidamente el cómo y el lugar de nuestra docencia. ¿Qué efectos ha tenido sobre el aprendizaje esta situación?, ¿qué hemos aprendido?

Abstract

During the 2019-2020 academic year, a global pandemic derived from SARS-CoV-2 forces the closure of educational centers for an indefinite period of time. Although teaching activity recovers during the following year, the precautions and restrictions derived from the pandemic force us to quickly change how and where we teach. What effects has this situation had on learning? What have we learned?

LA EDUCACIÓN EN LA ERA POS-COVID

En marzo de 2022, Georgina Thompson, de UNICEF Nueva York, y Laurent Duville, Jefe Regional de Comunicación UNICEF para América Latina, emitían un comunicado de prensa en el que afirmaban que *“a falta de que las escuelas de 23 países reabran por completo, la educación corre el riesgo de convertirse en el mayor factor de división a medida que la pandemia de COVID-19 se adentra en el tercer año”* [1]

En esta nota de prensa, Catherine Russell, Directora Ejecutiva de UNICEF, presenta sucintamente el informe *“¿Están aprendiendo realmente los niños?”* [2], publicado en marzo de 2022, en el que analiza el impacto que la pandemia ha tenido en el aprendizaje de los alumnos. Destaca de este informe el impacto sobre los entornos escolares más vulnerables en los que la situación de partida, la respuesta a la pandemia, la brecha digital y las políticas gubernamentales han provocado en 147 millones de niños y niñas (el 7% de la población total mundial en esa franja de edad) una pérdida de más de la mitad de la educación presencial en los últimos dos años. De hecho, concluye afirmando que el ritmo actual de aprendizaje es tan lento que la mayoría de los niños en edad escolar tardarían siete años en adquirir las competencias básicas de lectura que deberían haber aprendido en dos años, y 11 años en adquirir las competencias básicas de aritmética.

Cuando preguntamos a nuestros alumnos sobre los cambios más significativos que se han producido en nuestro centro tras la pandemia, además de destacar obviamente la digitalización de los entornos de aprendizaje, señalaban la limitación de las actividades realizadas (salidas de aula, trabajos cooperativos, asistencia al laboratorio...), la dificultad de concentrarse en casa frente al aula y la relación con compañeros y docentes.

Quizás es el momento oportuno para preguntarnos sobre los aprendizajes que hemos tenido en estos tres últimos años de pandemia y qué merece realmente la pena mantener para mejorar el aprendizaje en nuestros alumnos de ciencias.

Seguramente la reflexión pueda ir más allá y preguntarnos sobre lo que realmente merece la pena aprender y sobre los aspectos organizativos que debemos mantener tras estos últimos años intensos. En este sentido, podemos rescatar las reflexiones que José Luis Moreno recuperaba en un artículo publicado en GranadaDigital en junio de 2020, donde compartía espacio de reflexión con directores de centro, profesores y representantes del mundo universitario. En él, Lourdes Jiménez, que recibió el premio Global Teacher en 2021, señalaba: *“Ha quedado*

claro que hay que bajar la ratio de las clases. Las competencias y las emociones las hemos tenido descuidadas y hay que tener en cuenta la infancia. La importancia del acompañamiento y el contacto con los iguales es esencial... Hay que replantear todo" [3].

Esta reflexión, sin embargo, no es nueva. En este contexto hay una reflexión que nos parece especialmente relevante y que fue escrita en junio de 2019 por una niña a la redacción del periódico El Mundo. En ella indicaba esta niña de 13 años "Nos duele que el sistema educativo fuera diseñado hace tanto tiempo, en una sociedad tan distinta a la de ahora, y que casi nadie se proponga cambiarlo... y que la única gente que podría hacer algo, no lo haga." [4].

EL AULA COMO ESPACIO PRIVILEGIADO DE APRENDIZAJE

El curso académico tiene aproximadamente 42 semanas lectivas, lo que para una asignatura como Física y Química (3 horas semanales) supone 126 horas de enseñanza presencial. Quizás el aprendizaje más importante de este tiempo de pandemia sea que la enseñanza presencial es un espacio privilegiado de aprendizaje.

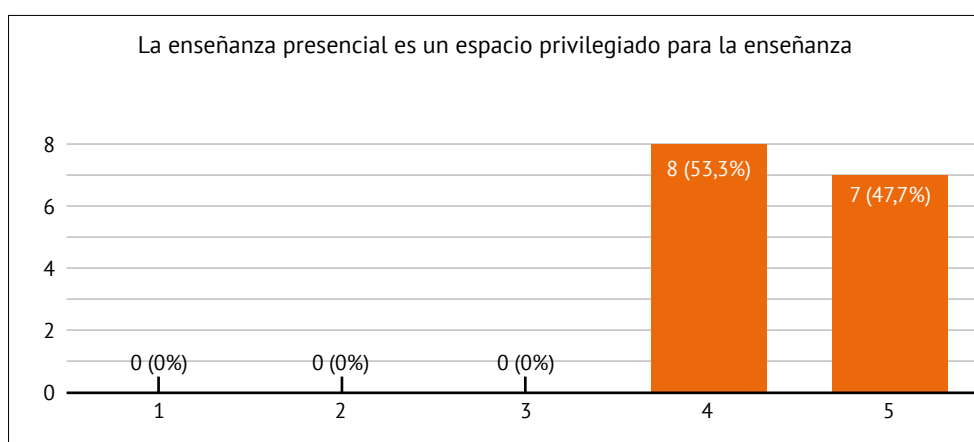


Figura 1. Resultados de la encuesta realizada a los alumnos sobre la enseñanza presencial como espacio privilegiado para la enseñanza.

Podríamos discutir si este espacio se genera por la interacción alumno-docente, por la interacción alumno-alumno o por ambas. De hecho, cuando preguntamos a los alumnos sobre la importancia de la interacción social en el aprendizaje aparecen ya disonancias. No todos los alumnos consideran esta interacción fundamental o, al menos, no todos consideran que la ausencia de interacción tenga un impacto negativo sobre su aprendizaje.

Es verdad que la pregunta más importante que nos podemos hacer al hilo de estos resultados es ¿cómo podemos generar espacios privilegiados de aprendizaje?, ¿cómo podemos aprovechar esas 126 horas lectivas que de media podemos impartir durante un curso académico?

La pandemia nos ha permitido reflexionar sobre las múltiples respuestas que esta pregunta genera, al mismo tiempo que nos ha obligado a generar espacios de trabajo virtual que liberen tiempo para esa educación presencial.

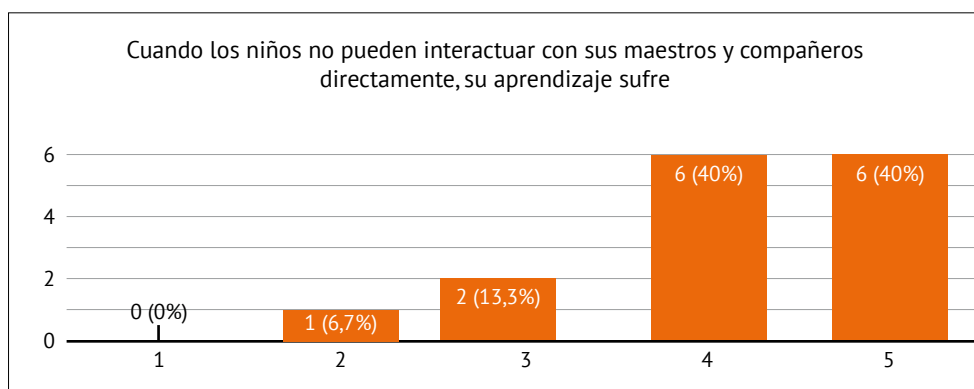


Figura 2. Resultados de la encuesta realizada a los alumnos sobre la interacción directa entre alumnos y maestros.

ORGANIZACIÓN EN EL AULA POS-PANDEMIA

El curso 2020-2021 comienza en la Comunidad de Madrid en el Escenario II (recogido en la resolución conjunta de las Viceconsejerías de Política Educativa y de Organización Educativa de 9 de julio de 2020) [5], lo que supone una reducción de la presencialidad para 3º y 4º ESO del 50% de las clases.

Frente a la situación en la etapa obligatoria de semipresencialidad, los centros educativos podían optar porque los alumnos asistiesen días completos de forma alternativa o que asistiesen media jornada cada día (subdividiendo cada grupo en dos). En nuestro centro escolar se optó por la segunda opción ya que era una manera de mantener constante la asistencia del alumno al centro después de haber vivido cinco meses sin presencialidad. Haciendo dos turnos durante una semana, asistirían a las primeras tres horas de clase y durante la siguiente semana las tres últimas horas de clase y así se irían alternando a lo largo del curso.

Esta primera decisión supuso que el profesor tuviese que planificar las clases teniendo en cuenta que la mitad de la clase estaría en el aula con él, pero la otra mitad estaría en casa.

Horas clase	Fecha	UD	Contenidos / Objetivos Didácticos	Actividades hora clase	Tarea en classroom	Tarea cuaderno	Material preparado	Actividades hora casa	Tarea en classroom	Tarea cuaderno	Material preparado
1	11/09/2020	UD1	Presentación de objetivos, temario, criterios	Explicación del funcionamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Asistir y crear la imagen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	14/09/2020	UD1	Evaluación inicial	Examen inicial UD1 - Autoevaluación / Coevaluación real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Trabaja a completar la ficha de Autoevaluación UD1 a la vista de los resultados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	24/09/2020	UD1	Introducción...	Apuntes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cuaderno	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	28/09/2020	UD1	Unidades del SI. Múltiplos y submúltiplos. Magnitudes fundamentales y derivadas. Magnitudes escalares y vectoriales	Apuntes. Cuadrante Unidades...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Realizar esquema del método científico. Cuadrante método científico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	21/09/2020	UD1	Notación Científica	Apuntes	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Realizar esquema del método científico. Cuadrante método científico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	20/09/2020	UD1	Otras significativas y errores	Explicar otras significativas y errores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FL1 - N1 y N2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	26/09/2020	UD1	Cambios de unidades simples, múltiples y compuestas	Apuntes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FL1 - N1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	28/09/2020	UD1	Cambios de unidades múltiples y compuestas	Ejercicios Libro UD1: Pag 12 (1) Pag 18 (2,3,4,5)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FL2 - N1 y N2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	29/09/2020	UD1	Representación de datos	Apuntes	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FL2 - N1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	02/10/2020	UD1	Representación de datos	Ficha 5 - Representación de gráficas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Substancias: Elementos de la tabla UD1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	05/09/2020	UD1	Cambios de unidades	Fichas Factores de Conversión con solución	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ficha 6 - Prácticas cambios de unidades (AMPL)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3. Diario de aula de la asignatura Física y Química de 3º ESO en modelo semipresencial con alumnos en aula y casa simultáneamente.

El segundo planteamiento fue cómo conseguir que las horas en casa no fuesen perdidas. Nos hizo plantearnos una serie de preguntas: ¿tiene sentido mandar ejercicios y no corregirlos individualmente?, ¿es el aula un espacio para copiar apuntes?, ¿repetir ejercicios similares mejora el aprendizaje?

Había varias opciones como por ejemplo obligar a conectarse desde casa a las clases y hacer lo mismo en casa que en aula, pero eso suponía una infraestructura en aula de cámara web, pizarra digital para poder emitirse por videoconferencia lo que el profesor apuntase, buena conectividad... Por todo ello la mejor opción que vimos fue trabajar con un modelo híbrido.

La educación híbrida, también conocida en inglés como *blended learning* (*b-learning*), hace referencia a una modalidad educativa formal que combina los puntos fuertes de la enseñanza en línea con los de la presencial. El objetivo principal del modelo híbrido es optimizar el proceso de enseñanza y aprendizaje situando al alumno en el centro del proceso educativo [6].

En nuestro caso, nos decantamos por una metodología basada en el aula invertida o *flipped classroom* de Bergmann y Sams, quienes con el deseo de apoyar a aquellos alumnos que por diferentes causas no podían asistir regularmente a clases diseñaron una estrategia didáctica en la que empleaban diapositivas y vídeos [7].

El funcionamiento consistía en que los alumnos que estaban en casa durante las horas de clase estudiaban a su propio ritmo el temario mediante lectura de textos, vídeos u otros materiales, realizaban ejercicios sencillos con posibilidad de autocorrección y usaban laboratorios virtuales, y durante las horas presenciales de clase se compartía la información adquirida en casa de forma colaborativa y se aplicaba lo aprendido en situaciones concretas (debates, proyectos colectivos o individuales más complejos).

Para ello usamos *Google Classroom*. En el centro escolar llevábamos ya unos años trabajando con *Chromebook* en clase y contar con este dispositivo nos facilitó mucho la tarea.

EVALUACIÓN, SEGUIMIENTO Y HERRAMIENTAS

Otro de nuestros puntos de reflexión era cómo realizar la evaluación del alumnado. Y no nos referimos a la mera calificación, sino al proceso a partir del cual se recogen datos, se analizan y en función de dicho análisis se toman decisiones [8]. Inicialmente intentamos que la evaluación fuese formadora (cuando las decisiones para mejorar las va tomando el estudiante), pero nos dimos cuenta de que era muy complejo ya que no estaban acostumbrados a autorregularse ellos mismos y menos si no había una calificación numérica. Por lo tanto, tuvimos que comenzar con una evaluación más formativa (cuando las decisiones de mejora las toma el docente) y poco a poco ir ayudando a pasar a la formadora usando el espacio presencial para un diálogo con retroalimentación no sólo por parte del profesor sino del resto de compañeros.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	ITEM A EVALUAR	ANTES DE LA EV. INICIAL			DESPUÉS DE LA EV. INICIAL			DURANTE EL TEMA			DESPUÉS DEL EXAMEN FINAL		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1	Sé lo que es un vector, sus componentes y su representación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Conozco el concepto de fuerza y sus unidades	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Sé lo que es un dinamómetro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Distingo diferentes tipos de fuerza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Se calcular la fuerza resultante de varias fuerzas sobre un cuerpo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Calculo la fuerza de rozamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Calculo el peso de un objeto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Conozco las leyes de Newton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Aplico la ley de la Dinámica a resolver problemas de MRUA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12													

Figura 4. Hoja de cálculo de autoevaluación y seguimiento de los estándares por tema.

Para comenzar, cada unidad contaba con una hoja de cálculo donde aparecían los estándares de aprendizaje que el alumno debería conseguir alcanzar al terminar la unidad.

La idea es que al comenzar el tema ellos marquen del 0 al 2 su nivel de conocimiento de ese estándar. Después realizan una autoevaluación (cuestionario con *Google Forms*) y a la vista de los resultados se vuelven a autoevaluar y se busca que sean conscientes de su conocimiento real. Debemos de tener en cuenta que esto se realizó en 3º ESO y que muchos de estos conocimientos fueron adquiridos durante 2º ESO (año del confinamiento). En la siguiente columna irán marcando a lo largo de la unidad cómo creen que van en su aprendizaje, y en un diálogo se busca cómo mejorar y finalmente, después de realizar una prueba de conocimiento final, se completa la hoja. Debajo se escribe qué aspectos le han resultado más fáciles y por qué, cuáles más complejos y en cuáles debería seguir trabajando para mejorar:

Todo este proceso de reflexión y autoevaluación debe realizarlo el alumno, acompañado cuando lo necesite por el docente pero, como hemos comentado al principio de este apartado, nos costó mucho que entrasen en la dinámica de evaluarse a ellos mismos tomando después decisiones de cómo mejorar:

Por ello usamos diferentes herramientas, que con calificaciones numéricas (que es lo que ellos buscaban y a nosotros nos ayudaba a hacer un seguimiento a distancia) les ayudasen a construir su conocimiento y poco a poco a ser capaces de ver fallos y cómo mejorarlos:

- *EdPuzzle*: herramienta que usamos mucho para trabajar en casa la parte teórica del tema mediante vídeos con preguntas insertadas que nos daban una idea de la comprensión de la información antes de ir al aula presencial.
- *Liveworksheets*: fichas interactivas creadas por docentes o por nosotros mismos que le muestran al alumno los fallos cometidos, pero sin dar la respuesta correcta y le permiten repetir todas las veces que sea necesario.
- *Google Forms*: cuestionarios autocorregibles usados de dos formas, o como entrenamiento que permite al alumno repetir las veces necesarias viendo los errores sin dar la solución o calificadorio con una única opción de respuesta y posteriormente ver las soluciones.

- *Phet, GoLab* o Laboratorio Virtual: páginas web con simuladores de laboratorios para realizar prácticas interactivas, ya que por las medidas de seguridad no se podía asistir al laboratorio presencialmente.

Todas estas herramientas digitales las usábamos principalmente para trabajar en casa. En aula presencial, como hemos comentado anteriormente, realizábamos proyectos grupales o individuales que necesitaran de una reflexión, demostraciones en el aula con el posterior debate y conclusión y una evaluación por parte de todos de ciertas actividades como, por ejemplo, explicaciones en vídeo grabadas de experimentos en casa, o teoría o resolución de problemas complejos en los que tuviesen dudas o nosotros lo hubiésemos detectado.

Para realizar esta evaluación nos hemos ayudado del complemento *CoRubric* para las hojas de cálculo de *Google*, el cual permite realizar una evaluación completa (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación) mediante rúbricas y obtener resultados en forma numérica con el *feedback* y dianas de evaluación.

CONCLUSIONES

5.1. Integración efectiva de la tecnología en educación

Es evidente que uno de los efectos más notables de la pandemia ha sido la incorporación a gran escala de la tecnología en las aulas. Una tecnología que, aunque haya llegado circunstancialmente, ha venido para quedarse. Y, de hecho, han sido muchos los esfuerzos económicos de la administración para dotar a los centros de una mínima infraestructura digital.

Sin embargo, no debemos dar por supuesto que esta incorporación sea eficaz para el aprendizaje y, de hecho, tampoco debemos suponer que los alumnos son, como afirmaba Marc Prensky, nativos digitales. Antes bien, la incorporación de la tecnología en el aula debe hacerse siempre con una mirada crítica y el objetivo centrado en el aprendizaje del alumno. La tecnología por sí sola ni es motivadora, ni tiene por qué favorecer el aprendizaje.

En este sentido, es oportuno tomar como referencia el marco europeo de competencia digital [9] para sentar las bases de una integración eficaz de la tecnología en las aulas. Este marco de referencia está centrado en 5 áreas de competencia:

1. Información y alfabetización digital (navegar; buscar y filtrar datos, información y contenidos digitales; evaluar datos, información y contenidos digitales; gestión de datos, información y contenidos digitales).
2. Comunicación y colaboración en línea (interactuar a través de tecnologías digitales; compartir a través de tecnologías digitales; participación ciudadana a través de las tecnologías digitales; colaboración a través de las tecnologías digitales; comportamiento en la red; gestión de la identidad digital).
3. Creación de contenidos digitales (desarrollo de contenidos; integración y reelaboración de contenidos digitales; derechos de autor –copyright– y licencias de propiedad intelectual; programación).
4. Seguridad en la red (protección de dispositivos; protección de datos personales y privacidad; protección de la salud y el bienestar; protección medioambiental).
5. Resolución de problemas (resolución de problemas técnicos; identificación de necesidades y respuestas tecnológicas; uso creativo de la tecnología digital; identificar lagunas en las competencias digitales).

5.2. Competencias clave: ¿dónde centrar nuestros esfuerzos?

En la misma línea que la integración digital, quizás sería oportuno reflexionar sobre las competencias clave que es necesario potenciar en nuestro alumnado. Es un proceso costoso en general para el profesorado,



Figura 5. Demostración en el aula y posterior ficha de trabajo para debatir y sacar conclusiones.

que viene de un entorno excesivamente académico; aun así, es importante reseñar que la escuela es y debe ser un lugar privilegiado para conocer y preservar nuestra cultura.

Esta reflexión admite dos abordajes muy diferentes y en ocasiones enfrentados. Por un lado, podemos escoger como referencia el Foro Económico Mundial [10], que establece que las 10 competencias más importantes para los trabajadores en los próximos años serán el pensamiento analítico e innovación, el aprendizaje activo y autogestión, la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad, el liderazgo e influencia, el uso de la tecnología, el diseño y programación, la resiliencia, la tolerancia al estrés y flexibilidad, y el razonamiento, gestión de conflictos e ideación.

Por otro lado, podemos centrarnos en el Consejo de la Unión Europea, que en 2018 redefinió el marco de competencias clave para el aprendizaje permanente [11], que en comparación con el publicado en el año 2006 quedaría representado en este esquema:

2006	2018
Comunicación en lengua materna	Competencia en lectoescritura
Comunicación en lenguas extranjeras	Competencia multilingüe
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería
Competencia digital	Competencia digital
Aprender a aprender	Competencia personal, social y de aprender a aprender
Competencias sociales y cívicas	Competencia ciudadana
Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor	Competencia emprendedora
Conciencia y expresiones culturales	Competencia en conciencia y expresiones culturales

5.3. Centrados en el alumno: la importancia de la salud emocional

Durante el tiempo de pandemia una de nuestras prioridades fue cuidar emocionalmente a nuestros alumnos y acompañarlos durante ese tiempo extraño y difícil para todos. En ese sentido, nuestra acción estuvo centrada, como después afirmó César Bona [12], en que *“los chavales necesitan una llamada de sus profes, no fichas”*.

Como más tarde afirmó Mariona de García [13] *“Cabe añadir que la escuela no supone únicamente la transmisión de las materias y contenidos, sino que también es un acompañamiento emocional y educativo. El profesorado tiene la labor de acompañar al menor en el desarrollo de competencias sociales y emocionales, trabajando valores como la autoestima, el autocontrol, la cooperación, la empatía y la gestión de conflictos (Moreno, Bagán y García, 2020, p 188). Esta falta de atención a estos aspectos puede poner en riesgo el bienestar personal y emocional del alumno...cabe destacar que la socialización que el niño/a establece en la escuela es clave e imprescindible para su correcto crecimiento y desarrollo.”*

A día de hoy siguen siendo ciertas estas afirmaciones y los casos de ansiedad y trastornos leves de la conducta han aumentado significativamente en la escuela, como una de las secuelas más palpables de la pandemia.

5.4. Evaluación presencial frente a la virtual

Una de las principales dificultades que tuvo la enseñanza durante la pandemia fue la evaluación de los alumnos. De hecho, tal y como refiere Rubén Comas (2021): *“durante la etapa de confinamiento la tendencia de búsqueda de las palabras clave “copiar online” (interés medio de 63 puntos durante el confinamiento frente a 12 puntos fuera del confinamiento), “copiar examen online” (interés de búsqueda de 42 puntos durante el*

confinamiento frente a 3 puntos el resto de semanas) y “copiar examen” (48 puntos durante la cuarentena y 13 el resto de semanas) fue significativamente superior al resto de semanas del año. Los datos obtenidos ponen de manifiesto que en el contexto del COVID-19 se produjo en España un auge importante del interés por las búsquedas en internet sobre la copia en los exámenes, especialmente en la modalidad online.”

Modificar la evaluación es un aspecto esencial si queremos modificar la enseñanza; algo que dentro de un marco de enseñanza competencial sería necesario. Por eso, quizás la pregunta que deberían sugerirnos estos datos es si durante este tiempo de enseñanza virtual o híbrida, los profesores adecuamos nuestros métodos de enseñanza o evaluación a la situación excepcional provocada por la pandemia, o por el contrario intentamos reproducir nuestro modelo en un entorno diferente. Porque, tal y como señala José Manuel Montejo (2020): “cuando se habla de evaluación, es casi inevitable el asociar ese término con el de calificación, de modo que evaluar a un alumno es cuantificar su formación o rendimiento académicos mediante una nota. Hoy en día se considera que esa visión reduccionista está superada y en términos generales la evaluación es algo más amplio que proporciona información acerca de todos los componentes del proyecto educativo en el que se encuentra inmerso el alumno”.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] THOMPSON, G., DUVILLIE, L. (2022) Comunicado de prensa. [En línea], disponible en <https://www.unicef.org/lac/comunicados-prensa/a-falta-de-que-las-escuelas-de-23-paises-reabran-por-completo-la-educacion-corre-riesgo-de-convertirse-en-el-mayor-factor-de-division> [Consultado el 21/07/2022]
- [2] (2022) Are children really learning? [En línea], disponible en <https://data.unicef.org/resources/are-children-really-learning-foundational-skills-report/> [Consultado el 21/07/2022]
- [3] MORENO, J. L. (2020) Expertos destacan la importancia de la educación presencial y las emociones en la era pos-COVID19. [En línea], disponible en <https://www.granadadigital.es/expertos-destacan-la-importancia-de-la-educacion-presencial-y-las-emociones-en-la-era-pos-covid19/> [Consultado el 21/07/2022]
- [4] (2019) Carta abierta de una chica de 13 años: “Nos duele que nadie se proponga cambiar el sistema educativo” [En línea], disponible en <https://www.elmundo.es/espana/2019/06/23/5d0e124dfc6c83b31c8b4644.html> [Consultado el 21/07/2022]
- [5] (2020) Resolución conjunta de las viceconsejerías de política educativa y de organización educativa por la que se dictan instrucciones sobre medidas organizativas y de prevención, higiene y promoción de la salud frente a covid-19 para centros educativos en el curso 2020-2021. [En línea], disponible en https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/20.07_resolucion_conjunta_covid-19_para_centros_educativos_en_el_curso_2020-2021.pdf [Consultado el 21/07/2022]
- [6] UNIVERSIDAD EUROPEA (2022) ¿Qué es el modelo híbrido en educación? [En línea], disponible en <https://innovacion-educativa.universidadeuropea.com/noticias/modelo-hibrido-educacion/#:%7E:text=Como%20ya%20hemos%20avanzado%2C%20el,docentes%20un%20mismo%20espacio%2Dtiempo> [Consultado el 21/07/2022]
- [7] SAMS, A., BERGMANN, J. (2014) *Dale la vuelta a tu clase*. Ediciones SM España.
- [8] PUIG, S. N., URRUTIA, L. M. (2020) *Evaluar y aprender: un único proceso (Recursos educativos)* Editorial Octaedro.
- [9] CARRETERO, S., VUORIKARI, R., PUNIE, Y. (2017) DigComp 2.1: the digital competence framework for citizens with eight proficiency levels and examples of use. Disponible en <http://europa.eu/!Yg77Dh>
- [10] WHITING, K. (2020) What are the top 10 job skills for the future? [En línea], disponible en <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/top-10-work-skills-of-tomorrow-how-long-it-takes-to-learn-them/> [Consultado el 21/07/2022]

- [11] CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2018) Recomendación del Consejo, de 22 de mayo de 2018, relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente. [En línea], disponible en [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01))
- [12] VIDAL, M. (2020). César Bona: «Los chavales necesitan una llamada de sus profes, no fichas». *La Voz de Galicia*, 12 mayo 2020. [En línea], disponible en https://www.lavozdegalicia.es/noticia/yes/2020/05/09/chavales-necesitan-llamada-profes-fichas/0003_202005SY9P22991.htm [Consultado el 21/07/2022]
- [13] DE GARCÍA GIL, M. (2020) Los efectos sociales del Covid-19 en la educación. Necesidad de nuevos planteamientos educativos. En RABAZO ORTEGA, R., ROMERO SANZ, A. (eds.) *Pensamientos sociales desde la nueva realidad*. AnthroPiQa 2.0, pp. 95-115.
- [14] COMAS FORGAS, R., SUREDA NEGRE, J. (2021) ¿Más copiones durante la pandemia? Evidencias que confirman una sospecha. [En línea], disponible en <https://theconversation.com/mas-copiones-durante-la-pandemia-evidencias-que-confirman-una-sospecha-156830> [Consultado el 30/09/2022].
- [15] MONTEJO BERNARDO, J. M. (2020) Exámenes no presenciales en época del COVID-19 y el temor al engaño. Un estudio de caso en la Universidad de Oviedo. *Magister* 32, 102-110. doi:10.17811/msg.32.1.2020.102-110.

RECURSOS DIDÁCTICOS PARA EDUCACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA DESDE LA UNIVERSIDAD: EL EJEMPLO DE LA UNIDAD DE CULTURA CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

Marta Ramos¹, Iván Narváez¹, Rosa Alvarado¹, Candela Fernández Silgado¹,
José Manuel Pérez Martín² y Javier Baena¹

¹ Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid.. Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, Edificio de Rectorado.

² Departamento de Didácticas Específicas (Didáctica de las Ciencias Experimentales). Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, Facultad de Formación de Profesorado y Educación.

Dirección de correspondencia: cultura.cientifica@uam.es

Palabras clave: actividades científico-divulgativas; talleres científicos; concursos científicos; investigación activa; jóvenes investigadores.

Keywords: scientific dissemination activities; scientific workshops; scientific contests; active research; young researchers.

Resumen

La Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid desarrolla múltiples recursos y materiales educativos de apoyo a la actividad docente desde la UAM. Los proyectos destinados a la educación primaria son “Ciencia en la escuela” y “Nuevos públicos”, que buscan acercar la actividad científica de la universidad a colegios, centros de educación especial, de entornos rurales o en riesgo de exclusión social. Con respecto a la educación secundaria, se llevan a cabo proyectos como “Busca una respuesta”, “Campus Científicos de Verano” o “Talleres Científicos”, en los que se proponen actividades a los centros participantes para fomentar el razonamiento científico mediante la búsqueda crítica de información.

Abstract

The Scientific Culture Unit of *Universidad Autónoma de Madrid* develops multiple educational resources and materials from UAM in order to support teaching activity. The projects aimed at primary education are *Ciencia en la Escuela* and *Nuevos Públicos*, which seek to bring the scientific activity from the university to the schools, special education centers, schools in rural environments or at risk of social exclusion. With regard to secondary education, there are projects being carried out such as *Buscando una Respuesta*, *Campus Científicos de Verano* or *Talleres Científicos*, in which activities are proposed in order to encourage scientific reasoning through critical search of information.

INTRODUCCIÓN

En la última década, las Unidades de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+I) han adquirido un papel fundamental en la transmisión social del conocimiento generado en centros de investigación, universidades y otras entidades de carácter científico para mejorar y ampliar la formación, la cultura y los conocimientos científicos de la sociedad en su conjunto. Atendiendo a la definición propuesta por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), las UCC+I “son uno de los principales agentes en la comunicación,

difusión y divulgación de la ciencia, la tecnología y la innovación en España, y constituyen uno de los pilares sobre los que se sustenta la educación científica de la sociedad, necesaria para estimular en la ciudadanía el sentido crítico, la toma informada de decisiones y el compromiso con los retos a los que nos enfrentamos de forma individual y en comunidad” [1].

En este contexto, la Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid (UCCUAM), actúa como el agente de difusión y divulgación de ciencia e innovación generada desde la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), realizando una labor clave como intermediaria entre la universidad y la población.

El objetivo principal de la UCCUAM es promocionar la cultura científica, tecnológica y de la innovación, mediante actividades de diverso tipo orientadas a diferentes colectivos y públicos objetivos. De esta forma, la UCCUAM organiza y participa en eventos para públicos muy amplios como la Noche Europea de los/as Investigadores/as y la Semana de la Ciencia y la Innovación.

No obstante, más allá de estos eventos multitudinarios, uno de sus principales destinatarios son los centros educativos no universitarios. Como entidad activa y dinámica, la UCCUAM colabora vivamente en la organización y coordinación de múltiples y variadas acciones con estos centros educativos, desarrollando numerosos recursos y materiales de apoyo a la actividad docente.

En el presente documento, se presenta el catálogo de actividades gratuitas llevadas a cabo desde la UCCUAM como un servicio de recursos educativos de utilidad para los docentes de educación primaria (EP), secundaria obligatoria (ESO) y Bachillerato.

Actividades de apoyo a la actividad docente en Educación Primaria

Entre los proyectos destinados a la EP se encuentran “Ciencia en la escuela” y “Nuevos públicos”, que buscan acercar la investigación y la actividad universitaria a colegios y públicos alejados de los canales habituales de la divulgación.

En 2013 se lanzó por primera vez “Ciencia en la escuela”, actividad dirigida a fomentar e impulsar la actividad investigadora y la ciencia activa en el aula. Desde un primer momento, la concepción de la actividad difería del modelo ciencia-demostración e incluso del modelo de clases prácticas, ya que, en estos casos, los experimentos están diseñados para que sean exitosos en todos los casos.

Se buscaba implementar que los/as escolares desarrollaran proyectos de investigación en clase de tal manera que planteasen hipótesis, hiciesen observaciones y mediciones reales, interpretasen los resultados y llegasen a conclusiones en respuesta a los mismos.

Para ello, en cada una de las ediciones se ha contado con la participación de jóvenes investigadores/as de la UAM, que tutelaron e impartieron talleres dirigidos a profesores/as de EP con la intención de ayudarles a incorporar estos nuevos conocimientos en las aulas. A partir de estas tutorías formativas se han ido creando cuadernillos en los que se registraba el protocolo a seguir y las fichas necesarias para la toma de datos, discusión de estos y obtención de conclusiones.

Los proyectos propuestos abarcan temáticas sobre anatomía, sanitarias, medioambientales o botánicas, utilizando el método científico para resolver diferentes cuestiones a partir de la recopilación y organización de la información obtenida experimentalmente (**figura 1**). Los niveles educativos abarcados fueron de 1º a 6º de EP, con diferenciación de contenidos por edades para adaptarlos a las diferentes etapas educativas. Además, durante el desarrollo de los experimentos, los/as investigadores/as de la UAM visitaron los centros, ofrecieron conferencias y ayudaron en la interpretación de resultados.

Como cierre de proyecto, la UCCUAM organizó en varios días un pequeño congreso en el Campus de Cantoblanco, al que acudieron los/as escolares participantes para presentar el desarrollo y los resultados de la investigación realizada junto a sus profesores/as en las aulas. Finalmente, se complementó con la celebración de varios talleres científicos.

La actividad es totalmente gratuita para los centros participantes y la UAM aporta todo el material de laboratorio para los experimentos, la impresión de las fichas y cuadernillos de registro y los gastos de desplazamiento hasta el campus. La participación ha ido en aumento desde que se inició la actividad y en la edición de 2021/2022 han asistido veinticuatro clases de seis centros educativos, con más de quinientos escolares. Dado el buen resultado de la experiencia en las primeras ediciones, uno de los retos de la UC-

CUAM es incorporar al proyecto centros de estudiantes con necesidades especiales o secciones pediátricas de centros de salud.

El segundo de los proyectos enfocados a la EP es "Nuevos públicos", que intenta impulsar la iniciación a la actividad científica de públicos desfavorecidos o generalmente alejados del entorno universitario, como centros de educación especial, de entornos rurales, o en riesgo de exclusión social, poniendo en marcha talleres y actividades desde los centros de investigación de la UAM.

Por un lado, la UCCUAM lleva a cabo la actividad denominada "Ciencia en el mundo rural" en colaboración con centros escolares de diferentes poblaciones de Castilla-La Mancha. Por otro, también se realiza "Ciencia con Cáritas" con centros de menores pertenecientes a esta organización destinada a la asistencia, desarrollo y servicio social.

En ambos casos, se ha visto que las actividades que mejor se ajustaban al público infantil eran talleres presenciales de ciencia, que en las diferentes ediciones han abarcado temáticas tan diversas como la ecología, la paleontología, la astronomía, la arqueología o la inteligencia artificial (figura 2). Una parte primordial del proyecto es contar con modelos reales en los que las investigadoras conducen la actividad y los investigadores actúan como ayudantes, con el fin de hacer ver que las mujeres también tienen roles directivos de investigación.

El proyecto se divide en dos fases. De forma inicial, los/as investigadores/as de la UAM tienen una primera toma de contacto con los/as escolares y el profesorado o los/as trabajadores/as sociales, ya sea de forma presencial o telemática. En esta sesión, explican a través de ejemplos y aplicaciones prácticas su campo de investigación y la importancia del mismo dentro de la sociedad actual. Al finalizar esta primera sesión, los/as investigadores/as UAM proponen una actividad de investigación a los/as escolares para llevar a cabo en el aula con sus docentes.

Posteriormente, se organiza la visita del grupo participante hasta el Campus de la UAM en Cantoblanco para que visiten los despachos y laboratorios de los/as investigadores/as implicados y experimenten de primera mano con sus materiales de estudio mediante talleres prácticos. También resuelven el problema planteado el primer día.

Además, esta jornada en el campus se complementa con la visita a otras instalaciones localizadas en el mismo como exposiciones o museos, todo financiado desde la UCCUAM.

Dada la lejanía entre este tipo de públicos y el ámbito



Figura 1. Proyecto "Ciencia en la escuela: conociendo el cuerpo humano" realizado en el curso 2021/2022. A. Decoración del aula en el CEIP Martín Chico (Segovia) durante la parte del proyecto dedicada al riñón (foto: Asunción Gallego). B. Experimentos realizados en el CEIP Martín Chico (Segovia) durante la parte del proyecto dedicada al riñón (foto: Asunción Gallego). C. Dibujo de una de las investigadoras implicadas en el proyecto a cargo de una estudiante del CEIPSO San Sebastián (El Boalo) (foto: Fernando Paniagua).



Figura 2. Proyecto "Nuevos públicos: ciencia con Cáritas" realizado en el curso 2020/2021. A. Taller de botánica. B. Taller de paleontología (Fotos: UCCUAM).

universitario, el establecimiento de estos puentes es especialmente necesario para contribuir a la reducción de la desigualdad, abriendo puertas y contactos que aproximen la universidad a estos entornos. Es por ello que, en estos perfiles de audiencia donde en raras ocasiones la investigación más práctica llega a su vida, recibir estos talleres puede suponer cambios profundos a la hora de despertar vocaciones.

Actividades de apoyo a la actividad docente en educación secundaria

Con respecto a la ESO y el Bachillerato, la UCCUAM desarrolla proyectos como “Busca una respuesta”, “Campus científicos de verano” o “Talleres científicos”, donde se propone a los centros y escolares participantes implementar actividades para el fomento del razonamiento científico mediante la búsqueda crítica de información: aprender ciencia, haciendo ciencia [2].

La actividad “Busca una respuesta” está dirigida a escolares de segundo ciclo de la ESO. El objetivo del concurso era fomentar e impulsar la actividad investigadora en el aula, para llegar mediante ella a la explicación de un problema lanzado desde la universidad. A través de la experimentación o de la búsqueda de información contrastada, los equipos participantes tuvieron que elaborar una solución razonada y justificada a la cuestión.

De esta forma, por ejemplo, se planteaban preguntas como ‘¿Por qué me tengo que vacunar?’, ‘¿Cómo puedes demostrar que la Tierra es redonda?’, ‘¿Cómo sabemos que existe el cambio climático?’, ‘¿Está realmente limpia el agua de los manantiales de Madrid?’ o ‘¿Cómo afecta la luz a los animales nocturnos?’.

El trabajo realizado debía presentarse en forma de publicación científica, conteniendo un resumen, introducción, antecedentes, procedimientos utilizados, resultados obtenidos y conclusiones extraídas. Además, la UCCUAM organizó un pequeño congreso en el Campus de Cantoblanco, en el que los/as escolares debían exponer la justificación de su respuesta a la cuestión. Los trabajos mejor valorados recibían diferentes premios como productos y juegos científicos, plazas para talleres sobre ciencia y visitas a centros de investigación (figura 3).

La edición más reciente contó con la participación de una decena de centros educativos y cerca de una veintena de clases, que vieron cómo los/as escolares se adentraban por primera vez en el mundo de la investigación y el desarrollo de trabajos científicos, así como a la comunicación de resultados en público.

Los “Campus científicos de verano” son organizados por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la FECYT [3]. Se celebran durante el mes de julio y permiten a estudiantes de ESO y bachillerato desarrollar proyectos de investigación, teniendo un contacto directo con el trabajo cotidiano realizado en los laboratorios y departamentos de la universidad.

La UAM participa como institución colaboradora y en las últimas ediciones se recibió en el Campus de Cantoblanco a más de un centenar de estudiantes a los que se les planteaba una actividad que consistía en encontrar a la Vicerrectora de Internacionalización, de la cual los/as trabajadores/as de la UAM no tenían noticias desde el último día de celebración del anterior Campus científico de verano.

Para poder resolver su desaparición, los/as estudiantes contaban con la ayuda de los/as investigadores/as y del trabajo que llevan a cabo en su campo de investigación. El día de recepción y bienvenida de los/as parti-



Figura 3. Proyecto “Busca una respuesta” realizado en el curso 2017/2018. Visita al acelerador de partículas del Centro de Microanálisis de Materiales (CMAM) de la UAM (Foto: UCCUAM).

Figura 4. Proyecto “Campus científico de verano: ¡hay restos humanos en este yacimiento! ¿Quiénes son y cómo vivían?” realizado en el curso 2017/2018. Excavación arqueológica durante la actividad. (Foto: UCCUAM).



cipantes, se les explicaba lo ocurrido y, además, se mostraban las pruebas que el personal de mantenimiento de la universidad había encontrado en el patio interior de la Facultad de Filosofía y Letras de la UAM (huesos enterrados, un pañuelo y un pomo con sangre y un teléfono móvil con grabaciones de voz).

Las actividades realizadas durante el desarrollo del Campus científico de verano de la UAM consistieron en cuatro proyectos de acercamiento científico, además de diferentes actividades científico-culturales, actividades deportivas y jornadas de presentación de resultados. Los resultados obtenidos de las investigaciones llevadas a cabo en cada uno de los proyectos ayudaban a conocer a los/as posibles sospechosos/as de la desaparición. Como broche final a las presentaciones, la propia Vicerrectora saludaba a los/as estudiantes en un vídeo resolviendo el enigma planteado.

A modo de ejemplo, se realizó un proyecto sobre biomedicina que ayudaba a resolver si la sangre encontrada pertenecía a la Vicerrectora. A lo largo del desarrollo del proyecto se efectuaban ensayos de amplificación de ADN por técnicas de PCR, construcción de ADN recombinante o tratamiento con enzimas de restricción.

Otro de los proyectos consistía en el tratamiento digital de voz, en el que los/as participantes adquirieron los conocimientos necesarios relacionados con la síntesis y reconocimiento de voz a través de actividades teóricas y prácticas. Pudieron descubrir, gracias a las grabaciones en el teléfono móvil, a los/as posibles compañeros/as de la Vicerrectora que podían conocer dónde se encontraba.

En otro de los proyectos, investigaban la presencia de restos humanos en un yacimiento arqueológico, aprendiendo a interpretar y contextualizar registros de distinta naturaleza y manejando herramientas para la representación virtual de los objetos encontrados (escáner 3D y fotogrametría) (figura 4).

Por último, los “Talleres científicos” se desarrollan con alumnado de ESO, ofreciéndoles la posibilidad de tratar temáticas científicas complementando los programas oficiales. Suelen encuadrarse dentro de la Semana de la Ciencia y la Innovación de Madrid y se han llevado a cabo en colaboración con asociaciones y empresas como Planeta Ciencias o *Mad Science*.

Las temáticas planteadas han sido variadas y se ha tratado, por ejemplo, el sesgo hacia la mujer en la ciencia o los secretos de la ingeniería en la naturaleza, estudiando el biomimetismo. En las ediciones más recientes se ha contado con cerca de dos centenares de participantes, con una valoración muy positiva por parte de los centros educativos.

CONCLUSIONES

Dentro de su compromiso social como universidad pública, la UAM, a través de la UCCUAM, establece proyectos de cooperación educativa para el desarrollo de intervenciones en el ámbito de la investigación y la innovación en centros docentes no universitarios.

Con el objetivo de incrementar la formación, cultura y conocimiento científico de la sociedad, así como aumentar el número de vocaciones científicas, desde hace una década se vienen llevando a cabo diferentes proyectos gratuitos que han acercado la realidad universitaria a centros educativos de EP, ESO y Bachillerato.

En cada uno de estos proyectos se han generado recursos didácticos y material divulgativo original que se ha puesto a disposición de los/as participantes, y se ha implicado al profesorado y a los/as escolares tanto de EP como ESO y Bachillerato, proponiendo actividades que buscaban normalizar y mostrar cómo funciona el proceso de investigación científica en la UAM y sus aplicaciones en la vida cotidiana.

Una de las metas a corto plazo de la UCCUAM es la incorporación de centros de estudiantes con necesidades especiales o secciones pediátricas de centros de salud a este tipo de proyectos, así como seguir abarcando sectores sociales desfavorecidos cuyo contacto con el sistema universitario es escaso y que incluyen áreas con bajo desarrollo socioeconómico.

REFERENCIAS

- [1] FECYT (2021) *Libro blanco de las Unidades de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+I)*. Ministerio de Ciencia e Innovación. 29 pp. [En línea], disponible en <https://www.fecyt.es/es/publicacion/libro-blanco-de-las-unidades-de-cultura-cientifica-y-de-la-innovacion-ucci-0> [Consultado el 25/07/2022].
- [2] COUSO, D., JIMÉNEZ-LISO, M.R., REFOJO, C., SACRISTÁN, J.A. (2020) *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT y Fundación Lilly. Madrid: Penguin Random House Grupo Editorial S.A.U.
- [3] FECYT (2020) Campus Científicos de Verano. [En línea], disponible en <https://www.campuscientificos.es/> [Consultado el 25/07/2022].

EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA SOBRE LOS INVERTEBRADOS COMO HERRAMIENTA DOCENTE

David Rosa Novalbos¹, Airam Rodríguez²

¹ IES Rosa Chacel. Colmenar Viejo. Madrid (España).

² Grupo de Ecología Terrestre (TEG-UAM), Departamento de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid. Madrid (España).

Dirección de correspondencia: darrosanov@yahoo.es

Palabras clave: contaminación lumínica; invertebrados; competencias científicas.

Keywords: light pollution; invertebrates; scientific competences.

Resumen

Este estudio evalúa si la contaminación lumínica nocturna afecta a la comunidad de invertebrados de una zona periurbana, Colmenar Viejo, Madrid. Un grupo de estudiantes de Bachillerato diseñó y realizó un muestreo mediante trampas de caída para comparar la comunidad de invertebrados bajo 15 farolas y 15 puntos entre farolas. El número de invertebrados es similar entre ambas zonas (bajo farola y entre farola). No obstante, sí se encuentran diferencias en el número de individuos, que aumenta según aumenta la distancia al núcleo urbano, y entre la variedad de especies que se han registrado bajo las farolas respecto a las zonas entre farolas. La investigación también ha demostrado gran utilidad para la motivación y el trabajo cooperativo de los estudiantes y el desarrollo de sus competencias científicas.

Abstract

This study attempts to see to what extent night light contamination affects the invertebrates on the outskirts of Colmenar Viejo. A group of students of Bachillerato level designed and chose a sample by means of traps to compare the captures found underneath 15 streetlamps and 15 points between those streetlamps. Until now, the number of invertebrates has been the same in both the most and least illuminated areas. Nevertheless, differences have been found in the number of species, which increases as they draw closer to the center of the city. Differences among the variety of species recorded under the streetlamps as compared to the spaces between those streetlamps have been seen too. This investigation has been useful to motivate students, to promote cooperative work and to contribute to the development of their scientific competences.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El uso de la iluminación artificial por parte de la humanidad no ha hecho más que incrementar desde la dominación de la transformación de la energía eléctrica en luminosa. Inventos como la bombilla, su producción industrial y su distribución han hecho que su uso se popularice y se expanda sobre la superficie de la tierra. La luz artificial ha traído importantes beneficios para la humanidad; sin embargo, también produce contaminación lumínica. El término de contaminación lumínica se define como la alteración de los niveles de luz natural causada por emisiones de luz artificial [1]. La contaminación lumínica es un problema creciente que nace por la acción del ser humano y, por eso, es de vital importancia investigarla para así conocer las causas que la originan y qué medidas se pueden tomar para intentar disminuirla debido al impacto ecológico que provoca.

La contaminación tiene importantes consecuencias ambientales como son que aproximadamente el 20% de la electricidad total producida se utiliza para iluminar, lo cual se traduce en 1900 megatoneladas de CO₂ liberadas a la atmósfera, y que la superficie terrestre contaminada lumínicamente aumente un 2-6% anualmente [2,3]. Pero las consecuencias no son sólo ambientales, sino también ecológicas.

En un estudio pionero e influyente, Longcore y Rich [4] sientan las bases de la contaminación lumínica ecológica. En su obra, los autores recopilan evidencias de impactos ecológicos sobre los seres vivos y presentan los vacíos de información más importantes en el área. Después de casi 20 años desde la publicación de este artículo pionero, la investigación ha documentado impactos ecológicos de la iluminación artificial en todos los niveles de organización desde los genes, las células, las especies, las relaciones tróficas hasta las comunidades de seres vivos y el funcionamiento de los ecosistemas [5]. Como consecuencia, la contaminación lumínica se considera actualmente una amenaza para la biodiversidad [6,7].

En el caso concreto de invertebrados, se sabe que la contaminación lumínica es un motor de pérdida de biodiversidad en este grupo taxonómico [8]. Esto ocurre a través de diferentes mecanismos. Por un lado, la iluminación artificial podría atraerlos hasta causar su muerte. Por otro, las relaciones tróficas podrían modificarse, pues las presas podrían ser más accesibles (o inaccesibles) a los depredadores por alteraciones de su comportamiento o que la depredación aumentara por el aprendizaje por parte de los depredadores de las zonas donde sus presas (invertebrados) se concentran. En esta investigación se estudia en qué medida la contaminación lumínica nocturna atrae y altera la comunidad de invertebrados. Esta propuesta surge de la necesidad del profesorado de ofrecer al alumnado una investigación real con la que construir las competencias científicas y seguir las sugerencias internacionales para abordar una metodología indagatoria para el desarrollo de las clases [9,10] y mejorar la calidad de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, y el interés del alumnado.

Algunas preguntas de investigación iniciales que surgieron fueron:

- ¿Atrae la luz artificial a animales invertebrados?
- ¿Altera la luz artificial la comunidad de invertebrados a una pequeña escala (decenas de metros)?

Finalmente, la pregunta de investigación que se planteó fue la siguiente:

¿Afectará la luz artificial a la comunidad de animales invertebrados?

Para ello, se diseñó un muestreo en una zona periurbana, en las afueras de Colmenar Viejo, Madrid, con iluminación artificial. En base a esta pregunta de investigación se esperaba que los resultados corroborasen las siguientes hipótesis:

- Las zonas iluminadas en horario nocturno con luz artificial de las farolas atraen a más especies de animales invertebrados que las zonas menos iluminadas entre las farolas.
- Como consecuencia de la atracción de los invertebrados a las zonas iluminadas (predicción anterior), la comunidad de invertebrados será diferente entre las dos zonas, una con mayor iluminación que la otra.

Este estudio planteado a los estudiantes tiene un enfoque indagatorio (en inglés *Inquiry-Based Science Education, IBSE*) que enfrenta al alumnado a un reto que estimula un trabajo interdisciplinar y cooperativo más retador y complejo [11].

OBJETIVOS

A la hora de planificar esta investigación se contó con dos motivaciones principales: el análisis del entorno y las múltiples competencias científicas que desarrollarían los estudiantes participantes en la investigación. Por tanto, tenía un doble objetivo:

- El objetivo científico sería comprobar si se cumplen las hipótesis planteadas y dar una respuesta a la pregunta de investigación. Este objetivo lleva implícito el tratamiento de los contenidos científicos de una forma diferente, investigando de forma real el entorno natural del centro educativo.
- El objetivo didáctico es el de potenciar en los estudiantes participantes el desarrollo de competencias científicas, la concienciación hacia esta problemática ambiental de la contaminación lumínica, actitudes

favorables hacia la ciencia, la motivación hacia posibles carreras científicas, así como favorecer la creación de un ambiente motivador en el aula mediante un trabajo cooperativo.

METODOLOGÍA

Esta investigación se enmarca en una metodología indagatoria para el aprendizaje de los contenidos curriculares. Para ello se trabajó con una metodología de aprendizaje basado en un problema real mediante un trabajo cooperativo del grupo de estudiantes. Es decir, asume el método de la investigación-acción. Se trata de un estudio cualitativo de tipo descriptivo con un diseño de estudio de caso [12] y surge de la intención del profesorado de dar al alumnado un rol más activo como gestor de su propio aprendizaje, mientras que el rol del profesorado es el de guía-facilitador del aprendizaje.

Participantes

Esta investigación se ha implementado con un grupo intacto de estudiantes de 1º de Bachillerato durante la 1ª y 2ª evaluación del curso 2021-2022 en el IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo (Madrid). En total, han participado 2 profesores y 9 estudiantes, de entre 16 y 17 años, que han trabajado como un grupo cooperativo en la asignatura de Sistemas Ambientales y Sociedades del Bachillerato Internacional (equivalente a la asignatura de Biología, Geología y Ciencias Ambientales del Bachillerato LOMLOE).

Contenidos

Los contenidos que se trabajan con este grupo de estudiantes son los de Zoología y Ecología implicados en esta interacción entre el medio natural y el social. Entre ellos: invertebrados-vertebrados, su taxonomía, claves dicotómicas, biotopo, biocenosis, relaciones intra- e interespecíficas, servicios ecosistémicos, efectos en cascada, diseño de experimentos, etc.

Secuencia de actuaciones

Esta investigación se implementa en 3 fases:

- **1ª Fase. Diseño del muestreo de invertebrados:** dos sesiones de aula para introducir la investigación y organizar las salidas de campo (tabla 1).

Tabla 1. Aspectos a tener en cuenta en el diseño del muestreo de invertebrados.

Selección de fechas	<ul style="list-style-type: none"> ■ El día no es muy relevante, siempre y cuando la previsión del tiempo sea adecuada (sin lluvias y sin temperaturas extremas). ■ Por motivos fenológicos de los invertebrados, la mejor época de muestreo sería a final de la primavera y el verano, cuando se producen explosiones demográficas de estos animales. ■ Según el calendario escolar, se propone hacer un primer muestreo en septiembre para tener material para el resto de actividades didácticas (prácticas de identificación, redacción del informe, etc.). ■ Además, se propone hacer otro muestreo en mayo o junio. ■ El ciclo lunar podría ser un factor interesante a estudiar si el muestreo se repite durante varios cursos escolares.
Material necesario	<ul style="list-style-type: none"> ■ 30 botes de muestreo (botes de orina de farmacia) como trampas de caída para invertebrados. ■ Agua jabonosa. ■ Paletas de jardinería (para cavar). ■ Lupas de campo. ■ Cámara fotográfica. ■ Alcohol (etanol puro o diluido al 70%) para conservar las muestras. ■ Rotuladores permanentes para rotular los botes. ■ Luxómetro.
Secuencia de muestreo	<ul style="list-style-type: none"> ■ 15 botes de muestreo bajo las farolas y 15 botes entre las farolas. ■ Se entierran a ras del suelo destapados con agua jabonosa que rompe la tensión superficial del agua para que los invertebrados se hundan y se puedan muestrear. ■ Se colocan por la tarde del día elegido (20-21 h) y se recogen a primera hora del día siguiente (9-10 h). Se tapan y etiquetan.

- **2ª Fase. Realización del muestreo de invertebrados:** dos sesiones de campo (una salida extraescolar por la tarde y una sesión de aula a primera hora del día siguiente).

El muestreo se realizó durante la noche del 06/10/2021, con la Luna en fase Luna Nueva, en el camino Calle del Puente de Tejada (**figura 1**), que arranca en la Ermita de Santa Ana, en el margen con alumbrado público de farolas de esta carretera situada a las afueras de Colmenar Viejo (Madrid). La primera farola del camino, dirección al cementerio, se encuentra en las coordenadas 40°39'06.3"N 3°45'49.7"W. Las 15 farolas seleccionadas estaban separadas entre sí a distancias variables de entre 12 y 13 m.



Figura 1. Estudiantes en la investigación en la zona de muestreo.



Figura 2. Estudiantes colocando las trampas para el muestreo de invertebrados.



Figura 3. Vertido del agua jabonosa sobre uno de los botes-trampa



Figura 4. Trampa con invertebrados que cayeron durante el muestreo.

Se utilizaron paletas de jardinería con las cuales se cavaron los hoyos donde se ubicaron los botes de muestreo (**figura 2**), 15 de ellos se instalaron debajo de las farolas de modo que recibieran la máxima luz y los 15 restantes se posicionaron entre ellas con menor cantidad de luz. Se colocaron en los hoyos entre las 20 y 21 horas del día 5 de octubre de 2021. De esta manera mediante el uso de un luxómetro se midió la iluminación tanto debajo como entre ellas.

Estos botes fueron rellenados con agua jabonosa (**figura 3**), rompiendo así la tensión superficial del agua que impediría la salida de los invertebrados.

Las trampas se recogieron (**figura 4**) al día siguiente entre las 08:45 y 09:20 horas de la mañana. Al retirar el bote de dicho hueco, se llenaba con etanol que serviría para conservar las muestras, y se marcaba con fecha, hora, coordenadas y si dicho bote se encontraba bajo la farola o entre ellas. Tras haber tomado las muestras y haberlas observado con una lupa de campo, se llevaron al laboratorio para su posterior identificación.

- **3ª Fase. Prácticas de laboratorio y realización del informe de investigación:** 4 sesiones de aula (2 sesiones de laboratorio y 2 sesiones en aula de informática).

Las muestras se quedaron preservadas en el laboratorio hasta varios días después en que comenzaron las prácticas previstas (tabla 2). Estas prácticas se iniciaron con la identificación, recuento y registro de los especímenes capturados. Para ello se usaron pinzas, se extrajeron con sumo cuidado los invertebrados de los botes y se colocaron en las placas de Petri. A continuación, se fotografiaron y emplearon lupas binoculares para alcanzar una mayor precisión en la identificación de las muestras por medio del uso de claves dicotómicas y guías de invertebrados. Finalmente, aunque todavía se encuentra el estudio en fase de determinación de las especies debido al requerimiento de expertos que puedan colaborar, se procederá a dejar secar los especímenes en papel secante y se calculará la biomasa de cada uno de ellos a través del uso de una balanza de precisión.

Tabla 2. Aspectos a tener en cuenta para el desarrollo de las prácticas de laboratorio y el desarrollo del informe de investigación.

Prácticas a realizar	<ul style="list-style-type: none"> ■ Identificación de especies mediante claves dicotómicas y guías de invertebrados. ■ Elaboración del informe de la investigación.
Material de prácticas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pinzas. ■ Placas de Petri. ■ Lupas binoculares. ■ Cámara fotográfica. ■ Claves dicotómicas de invertebrados, como la de la SEO [13]. ■ Guías de invertebrados, por ejemplo, la guía Chinery [14]. ■ Papel secante para pesar la biomasa seca. ■ Balanza de precisión para calcular la biomasa seca.
Espacios necesarios	<ul style="list-style-type: none"> ■ Laboratorio de ciencias. ■ Aula de informática.

El informe de la investigación lo fue realizando todo el grupo de estudiantes de forma cooperativa por medio de un documento de texto compartido en red, aunque también se dedicaron dos sesiones en el aula de informática para una mejor participación del profesorado en el andamiaje de los conocimientos, la realización de aclaraciones y la explicitación de las competencias científicas que debían desarrollar con esta investigación y con la elaboración del informe.

RESULTADOS

El principal factor para la viabilidad de la investigación es su operatividad tanto a nivel científico, por los conocimientos y materiales necesarios para realizar el estudio, como didáctico por su posible realización en el marco de la organización del centro educativo. En este sentido, los materiales han sido fáciles y baratos de conseguir; la materia de estudio (los invertebrados) es fácilmente manipulable, tiene grandes potencialidades didácticas en la asignatura a la que se dirige y es viable por tratarse de una zona de muestreo muy próxima al centro educativo (menos de 10 minutos caminando) que no requiere medio de transporte y no dificulta la organización del centro educativo.

Los estudiantes debían investigar si la dinámica natural de los invertebrados había sido alterada por la contaminación lumínica en la ciudad de Colmenar Viejo. Para ello debían estudiar, a su vez, todas las variables (climáticas, lumínicas, cercanía con el núcleo urbano, etc.) que suponían realizar dicho estudio en esta ciudad. Esto significaba que cualquier conclusión que se extrajese de esta investigación sería únicamente aplicable al espacio donde dicho estudio se llevó a cabo. No obstante, este estudio y sus conclusiones pueden emplearse como fuente de datos, con el fin de ampliar el conocimiento. En el siguiente vínculo se pueden ver las imágenes de todo el proceso seguido durante la investigación: <https://flic.kr/s/aHsmXIFMSk>.

Se capturaron un total de 46 invertebrados: 23 en las trampas bajo farolas (alta iluminación) y 23 en las trampas entre farolas (baja iluminación; controles). Estos invertebrados pertenecieron al menos a 8 órdenes taxonómicos (**tabla 3**).

Al contrario de lo encontrado en otros estudios donde la abundancia, la riqueza (número de especies) y la diversidad de invertebrados era mayor en zonas de iluminación alta [15,16], nuestro estudio reportó un número similar de ejemplares entre ambos tratamientos (áreas bajo farolas o entre farolas), si bien es cierto que las especies no fueron las mismas. Esto último podría apuntar hacia una diferencia en la comunidad de invertebrados. La ausencia de diferencias en el número de invertebrados pudiera deberse a: 1) el poco tiempo de captura (menos de 24 horas), 2) la estación (otoño) que no es la de mayor abundancia de invertebrados, 3) la interacción de estos factores, o 4) otras variables no contempladas en el estudio.

Un gran aliciente de esta investigación era el desarrollo de las competencias científicas del grupo de estudiantes, ya que era la primera vez que entraba en contacto con una investigación de dicho calibre, pues

Tabla 3. Relación del número de individuos recogidos en cada trampa bajo las farolas y en las posiciones de control y la determinación a la que se ha llegado hasta el momento. (Elaboración de los estudiantes).

ESPACIOS	TRATAMIENTO	Nº INDIVIDUOS	FORMICIDAE	ARACNIDAE	MECOPTERA	GASTEROPODA	POSTEMMA GUTTULA	CIENPIÉS	COLEOPTERA	DIPTERA
1	Farola	2	2							
2	Farola	0								
3	Farola	2							2 Pterostichus Nigrita	
4	Farola	0								
5	Farola	0								
6	Farola	5							1 Pterostichus Nigrita / 1 Tenebro Molitor	
7	Farola	0								
8	Farola	1				1				
9	Farola	0								
10	Farola	1		1						
11	Farola	1		1						
12	Farola	3					2	1		
13	Farola	1		1						
14	Farola	2		2						
15	Farola	5								
1	Controles	0								
2	Controles	0								
3	Controles	0								
4	Controles	1								1 Clythia Alba
5	Controles	0								
6	Controles	4							4	
7	Controles	1			1 Larva de Mosca Escorpión					
8	Controles	3							1 Tenebrio Molitor / 1 Hylecoetus Dermestoides	
9	Controles	0								
10	Controles	1								
11	Controles	0								
12	Controles	0								
13	Controles	8								
14	Controles	4		1						
15	Controles	1								1 Volucella inanis

se encuentra en el itinerario de Bachillerato de Ciencias Sociales donde por lo general no hay investigaciones de esta índole. Pese a esto, este grupo contaba con esta asignatura llamada Sistemas Ambientales y Sociedades (S.A.S.), que consiste en el estudio de la relación de la actividad humana con el entorno natural. Entre los objetivos de esta asignatura está la investigación del impacto de infraestructuras humanas en el medio, por lo que este estudio encajaba perfectamente. A su vez, la asignatura recoge contenidos como el uso del método científico, el rigor, el control de variables, la redacción de un informe de investigación, la interpretación de muestras, el uso de claves dicotómicas, la búsqueda de bibliografía y su correcta forma de citar, etc., por lo que se considera un buen recurso didáctico para la enseñanza y aprendizaje de todos estos conocimientos. El siguiente vínculo contiene el informe de la investigación realizado por los estudiantes cumpliendo los requisitos solicitados: <https://docs.google.com/document/d/IRcwXIXglO5XWLYB-V0KZ5rkyCnp8vbow8>

Los estudiantes cumplimentaron un cuestionario de su valoración sobre su aprovechamiento de esta investigación para el desarrollo de sus competencias científicas. Su valoración general de la investigación fue positiva, con 4 de los estudiantes que la valoraron como "importante" para su aprendizaje y los otros 5 estudiantes la valoraron como "normal" para su aprendizaje. El resto de los resultados se pueden revisar en la figura 5, donde valoran su aprendizaje sobre las diferentes competencias científicas abordadas, y en el siguiente vínculo: <https://docs.google.com/forms/d/IAjVAI-xIIsRALVwI7n4K4UOmOIZPPL9qUao0wt-BWMBg/viewanalytics>.

Los resultados obtenidos se consideran adecuados y positivos para valorar de forma afirmativa que el desarrollo de toda la investigación tiene utilidad para alcanzar los objetivos. En general, se pueden destacar:

- El desarrollo de las competencias científicas de los estudiantes.
- La implicación de los estudiantes y su elevada motivación hacia la investigación.
- La buena colaboración entre profesores y alumnos.
- La creatividad y originalidad de la investigación.

No obstante, a lo largo de la investigación han surgido algunos problemas como:

- Los tiempos de los alumnos, que no siempre se ajustan a las previsiones.
- Las dificultades y errores en la comprensión de algunos conceptos y aspectos de la elaboración del informe científico.
- Los ajustados tiempos del currículo para continuar y ampliar la investigación.

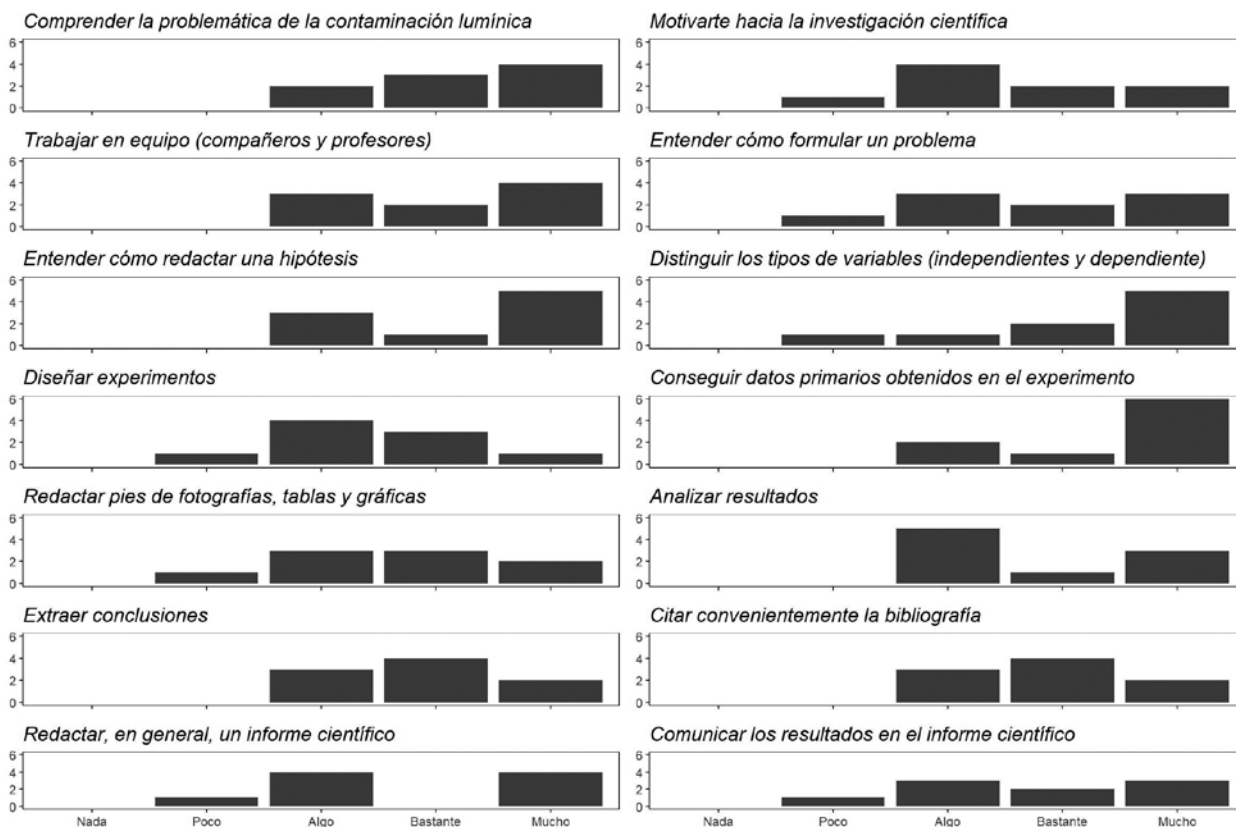


Figura 5. Valoración de los estudiantes sobre su aprendizaje de las diferentes competencias científicas abordadas durante la investigación.

CONCLUSIONES

Al seguir con la investigación en curso, las conclusiones a las que se ha llegado, que por ahora no son las definitivas, son que no hay diferencias entre las trampas con más contaminación lumínica y las que tienen menos, en relación a la cantidad de especies.

La evaluación de todo el proceso permite concluir y confirmar la utilidad metodológica y formativa de esta investigación, ya que favorece la motivación, el tratamiento de los contenidos y el desarrollo de competencias científicas (uso y rigor del método científico, control de variables, interpretación de muestras, uso de guías y claves dicotómicas, investigación y citación bibliográfica, redacción del informe, y rigor en el lenguaje). Además, todo el proceso de diseño, salidas de campo, creación, trabajo en equipo y participación en este estudio convierten esta investigación en un recurso educativo muy interesante, creativo y útil debido a que:

- Puede seguir ampliándose la investigación realizando la salida de campo en las diferentes estaciones del año para registrar las diferencias en el medio natural.
- Se considera una idea que puede ser adaptada por otros profesores a diferentes tipos de centros y niveles educativos.

Esta experiencia refleja perfectamente la implementación de metodologías docentes que incorporan la indagación a la vez que promueven un aprendizaje significativo y contextualizado y se trabaja y fomenta el aprendizaje colaborativo y cooperativo. Todo ello permite afirmar que se están trabajando distintas competencias del currículo.

REFERENCIAS

- [1] CINZANO, P., FALCHI, F., ELVIDGE, C.D. (2001) The first World Atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 328, 689–707. doi:10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x
- [2] HÖLKER, F., MOSS, T., GRIEFAHN, B., KLOAS, W., VOIGT, C.C. (2010) The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light. *Ecology & Society* 15, 13. doi:10.1890/080129
- [3] KYBA, C. C. M., KUESTER, T., SÁNCHEZ DE MIGUEL, A., BAUGH, K., JECHOW, A., HÖLKER, F., BENNIE, J., ELVIDGE, C. D., GASTON, K. J., GUANTER, L. (2017) Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances* 3, e1701528. doi:10.1126/sciadv.1701528
- [4] LONGCORE, T., RICH, C. (2004) Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and Environment* 2, 191–198. doi:10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2
- [5] GASTON, K.J., DAVIES, T.W., NEDELEC, S.L., HOLT, L.A. (2017) Impacts of artificial light at night on biological timings. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 48, 49–68. doi:10.1146/annurev-eolsys-110316-022745
- [6] HÖLKER, F., WOLTER, C., PERKIN, E.K., TOCKNER, K. (2010) Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology and Evolution* 25, 681–682. doi:10.1016/j.tree.2010.09.007
- [7] DAVIES, T.W., SMYTH, T. (2018) Why artificial light at night should be a focus for global change research in the 21st century. *Global Change Biology* 24, 872–882. doi:10.1111/gcb.13927
- [8] OWENS, A.C.S., COCHARD, P., DURRANT, J., FARNWORTH, B., PERKIN, E.K., SEYMOURE, B. (2020). Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation* 241, 108259. doi:10.1016/j.biocon.2019.108259
- [9] EUROPEAN COMMISSION (2007) *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels.
- [10] ABD-EL KHALICK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL, R., LEDERMAN, N. G., MAMLOK-NAAMAN, R., HOFSTEIN, A., NIAZ, M., TREAGUST, D., TUAN, H. (2004) Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education* 99, 397-419.
- [11] ANDERMAN, L.H., MIDGLEY, C. (1998) *Motivation and middle school students [ERIC digest]*. Champaign, IL: ERIC Clearinghouse on Elementary and Early Childhood Education.
- [12] RODRÍGUEZ, G., GIL, J., GARCÍA, E. (1999) *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe, S.L.
- [13] SEO/BIRDLIFE (s.f.) *Clave de clasificación de invertebrados*. SEO/Birdlife. <https://www.seo.org/wp-content/uploads/2012/07/Clave-invertebrados.pdf>
- [14] CHINERY, M. (2002) *Guía de insectos de Europa*. Ed. Omega.
- [15] RODRÍGUEZ, A., OROZCO-VALOR, P.M., SARASOLA, J.H. (2021) Artificial light at night as a driver of urban colonization by an avian predator. *Landscape Ecology*. 36, 17–27. doi:10.1007/s10980-020-01132-3
- [16] DAVIES, T.W., BENNIE, J., GASTON, K.J. (2012) Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biology Letters* 8, 764–767. doi:10.1098/rsbl.2012.0216

EL VÍDEO TUTORIAL COMO RECURSO MULTIMEDIA PARA LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS EN QUÍMICA ORGÁNICA

J. Domingo Sánchez, Juan F. González, Cristina Blázquez, José C. Menéndez, Pilar López-Alvarado, Mercedes Villacampa, María Teresa Ramos, Miriam Ruiz

Departamento de Química en Ciencias Farmacéuticas, Unidad Docente de Química Orgánica y Farmacéutica, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid (España).

Dirección de correspondencia: jdsanche@ucm.es

Palabras clave: tecnologías de la información y la comunicación; enseñanza audiovisual de química orgánica; vídeo tutorial como recurso multimedia; química orgánica; mecanismos de la química orgánica; isomería.

Keywords: information and communication technologies; audio-visual teaching of organic chemistry; video tutorial as a multimedia resource; organic chemistry; mechanisms of organic chemistry; isomerism; stereochemistry.

Resumen

El proceso de enseñanza y aprendizaje ha evolucionado en los últimos años desde un sistema tradicional, basado en la presencialidad a las denominadas clases magistrales, a un sistema donde el empleo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha creado nuevos modelos pedagógicos y entornos de aprendizaje. Atendiendo a estas nuevas fuentes de información, como parte de un proyecto de innovación docente, planteamos la realización de material pedagógico audiovisual, mediante una serie de vídeos tutoriales que permitan al alumno adquirir algunas de las competencias básicas en el área de la química orgánica.

Abstract

The teaching-learning process has evolved in recent years from a traditional system, focused on attending the so-called "face-to-face lectures", to a system where the use of information and communication technologies (ICTs) has created new pedagogical models and learning environments. Considering these new sources of information, as part of a teaching innovation project, we propose the development of audio-visual pedagogical resources containing a series of tutorial videos that allow the student to obtain several essential skills, in the field of organic chemistry.

ANTECEDENTES

La química es la ciencia que estudia la materia y sus transformaciones. Desempeña un papel primordial en nuestro entendimiento de los fenómenos materiales, así como en nuestra capacidad para actuar sobre ellos, modificarlos y controlarlos [1], que, junto con la física y las matemáticas, son las materias que mayor dificultad ofrecen a los alumnos para su aprendizaje. No es de extrañar, por tanto, que cada vez sea mayor el número de alumnos que eluden estas materias en Segundo de Bachillerato [2]. Sin embargo, estas dificultades reaparecen cuando estos estudiantes deciden cursar titulaciones universitarias que incluyen la química en sus programaciones docentes, haciéndose visibles las carencias de origen, lo cual ralentiza el aprendizaje y como consecuencia surge la desmotivación y en algunas ocasiones terminan abandonando el estudio de la asignatura.

Así, uno de los objetivos de nuestro proyecto fue el reforzar los conocimientos básicos de la materia de química orgánica mediante la elaboración de material audiovisual que dote al alumnado de los conocimientos básicos para la correcta comprensión de la asignatura de Química Orgánica.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo fundamental que persigue este proyecto de innovación docente es la creación de un repositorio de material pedagógico audiovisual que ayude al alumnado a adquirir competencias y un aprendizaje profundo de la materia de Química Orgánica en aquellos aspectos en los que habíamos detectado mayores carencias.

Adicionalmente, como objetivos específicos planteamos los siguientes:

1. Facilitar el aprendizaje autónomo a los estudiantes, poniendo a su disposición un recurso que puede utilizarse de modo asincrónico y ubicuo.
2. Proporcionar una herramienta de apoyo que les permita una comprensión de la materia de Química Orgánica.
3. Promover la participación del profesorado en el empleo de TIC.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El trabajo se estructuró en cinco etapas tal y como se muestra en el cronograma adjunto (figura 1).



Figura 1. Cronograma del proyecto..

1ª Etapa. Tras varias reuniones de los responsables del proyecto, se identificaron los temas de la asignatura Química Orgánica que mayor dificultad presentaban para los alumnos, y sobre los cuales se desarrollaría el material audiovisual, a saber:

- Isomería y estereoquímica.
- Reacciones de sustitución nucleofílica.
- Reacciones de eliminación.
- Reacciones de sustitución aromática electrofílica.
- Reacciones de sustitución aromática nucleofílica.

2ª Etapa. Se elaboró una plantilla con las premisas corporativas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) así como un guion que facilitase la preparación de los vídeos, de modo que el material docente generado tuviera un formato homogéneo:

- Plantilla inicial corporativa UCM con el título del vídeo.
- Descripción general del concepto a abordar.
- Ejemplos que permitan fijar los conocimientos adquiridos con aplicaciones prácticas y reales.
- Plantilla corporativa UCM para el final de presentación, con los miembros participantes del proyecto.

En este punto se estableció la duración de los vídeos, siendo conscientes de que, si estos eran muy largos, provocarían hastío y aburrimiento en el alumnado y, por tanto, abandonarían la reproducción. Por eso, se decidió realizar vídeos de una duración no superior a 10 minutos (que se consideró la duración más adecuada). Esto supuso que para determinados temas fuera necesario realizar más de un vídeo, ya fuera por su complejidad o por el número de ejemplos que se incluyeron a fin de hacer más comprensibles las explicaciones. Por tanto, el proyecto quedó como sigue:

- Isomería y estereoquímica (6 vídeos).
- Reacciones de sustitución nucleofílica (3 vídeos).
- Reacciones de eliminación (2 vídeos).
- Reacciones de sustitución aromática electrofílica (2 vídeos).
- Reacciones de sustitución aromática nucleofílica (2 vídeos).

3ª Etapa. Creación y revisión de todos los vídeos del proyecto. Para la grabación se utilizó como herramienta básica *PowerPoint*, y posteriormente los vídeos se editaron con software de edición de vídeos, incluyendo música, carátulas y otros efectos especiales, con el fin de hacerlos más atractivos al alumnado. Una vez creados, fue necesaria su revisión con el fin de detectar posibles erratas y garantizar la coherencia y homogeneidad de los formatos. En total se realizaron 15 vídeos con más de dos horas y media de contenido disponible para el alumnado.

4ª Etapa. Lanzamiento de los vídeos. Si bien estaba planteado que la visualización del material por parte de los alumnos fuera en el mes de febrero de 2019, la pandemia por COVID-19 nos obligó a postergar su lanzamiento durante cierto tiempo, ya que tuvimos que hacer frente a otras prioridades que nos permitieran continuar con la docencia a distancia.

Finalmente, los vídeos se lanzaron en el mes de junio, lo cual les permitió emplear este material para la preparación de los exámenes de la asignatura. Consideramos que el momento elegido para el lanzamiento de los vídeos resultó óptimo para nuestros alumnos, puesto que es precisamente en este periodo comprendido entre la finalización de las clases y el examen cuando más apoyo demandan los alumnos. La plataforma elegida para alojar el material generado fue *Moodle*, en el Campus Virtual de la asignatura, una herramienta accesible tanto para los alumnos como para los profesores de la asignatura de Química Orgánica.

5ª Etapa. Realización de la encuesta de satisfacción. Con el fin de obtener retroalimentación sobre el empleo y la utilidad del material generado, una vez que los alumnos pudieron acceder a dichos vídeos se les solicitó que los evaluaran. Para ello, se realizó un cuestionario de satisfacción a través de la plataforma *Google* al alumnado de la asignatura. En las preguntas en las que se solicitaba una valoración, ésta se realizaba de 1 a 5, siendo 1 siempre el concepto más negativo y 5 el más positivo. Normalmente, a la hora de realizar la evaluación de las respuestas de este tipo, se consideraron como resultados positivos cuando la valoración del alumno era 4 o 5 y negativos cuando la valoración del alumno era 1, 2 o 3.

VALORACIÓN DEL PROYECTO POR PARTE DEL ALUMNADO

Para poder interpretar los resultados de las encuestas, es necesario contextualizar la asignatura de Química Orgánica en la Facultad de Farmacia de la UCM, tanto en el Grado en Farmacia como en el Doble Grado de Farmacia y Nutrición y Dietética Humana. En la actualidad coexisten dos planes de estudios: en el plan nuevo 2019, esta materia se estudia en el primer curso, como Química Orgánica I (2º cuatrimestre) y en el segundo curso como Química Orgánica II (1er cuatrimestre). En el anterior plan, la asignatura de Química Orgánica I se impartía en el segundo curso (2º cuatrimestre) y en el tercer curso como Química Orgánica II (1er cuatrimestre). El número total de encuestas recibidas fue de 49, sobre un total de 300 que podrían haberse recibido (16,3% de encuestas recibidas).

De los alumnos encuestados, el 71,4% indicaron que estaban en segundo curso, ya que eran alumnos del Plan 2010 del Grado de Farmacia o del Doble Grado en Farmacia y Nutrición, mientras que un 28,6 % de los estudiantes estaban en cursos más avanzados de dichos grados (**figura 2**).

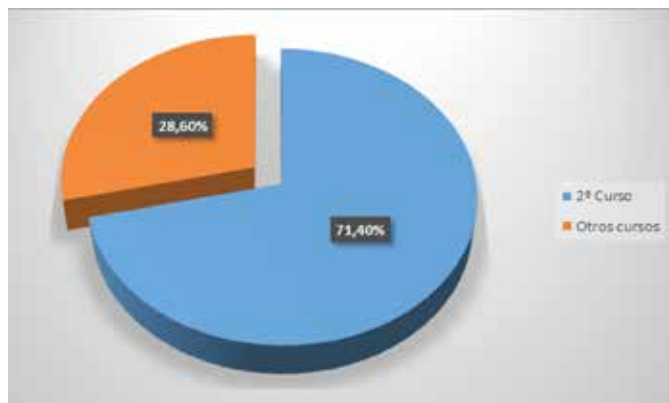


Figura 2. Curso de procedencia de los alumnos que visionaron los vídeos.

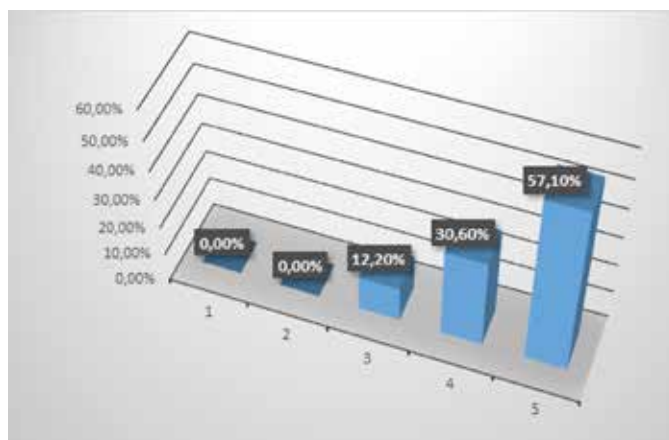


Figura 3. Porcentaje de alumnos que consideraron que el visionado de los vídeos había mejorado el conocimiento de la asignatura (siendo 1 un resultado muy negativo y 5 un resultado muy positivo).

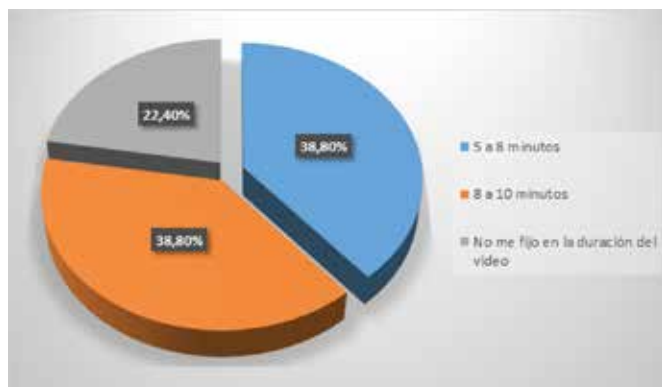


Figura 4. Porcentaje de alumnos que contestaron sobre su preferencia sobre la duración de los vídeos.

- Compuestos nitrogenados.
- Ácidos carboxílicos y derivados (este es un tema de Química Orgánica II, pero se justifica la solicitud, porque los vídeos los han visto alumnos que están cursando esta asignatura).
- Concepto de basicidad/acidez.

En una última pregunta, pedimos a los alumnos su opinión para mejorar los vídeos, y la retroalimentación que recibimos fue muy positiva.

A continuación, se les preguntó a los alumnos si tras el visionado de los vídeos habían mejorado su conocimiento de la asignatura. El 87,8% del alumnado indicaba que habían mejorado el conocimiento de la asignatura y un 12,2% que no había mejorado (**figura 3**).

Se preguntó a los alumnos sobre la duración óptima de los vídeos. La mayor parte de los alumnos, un 78 % aproximadamente, opinaba que la duración debería estar entre los 5 y 10 minutos, lo cual fue acorde a nuestra premisa inicial de duración de las grabaciones. Curioso fue el dato de que un 22% de los alumnos no se fijaron en la duración de los vídeos, lo que puede ser significativo de que su contenido resultó dinámico (**figura 4**).

Ante la pregunta de si los temas desarrollados se trataron de forma clara y concisa, el 96% de los encuestados consideró que sí, facilitando de esta forma el estudio de la asignatura (**figura 5**).

A la pregunta de si el número de ejemplos incluidos en los vídeos era suficiente, un 69,4% de los alumnos consideraron que lo eran para entender la materia, aunque cabe destacar que un 30,6% habría preferido que se hubiese incluido un mayor número de ejemplos (**figura 6**).

Un 89,1% de los estudiantes indicaron que estarían interesados en la visualización de otros temas relacionados con la Química Orgánica (**figura 7**).

En el cuestionario se incluyó una pregunta abierta, donde se les pidió a los alumnos que indicasen qué temas podrían ser interesantes para ellos y sobre los que se pudiese realizar un proyecto similar. Entre las sugerencias recibidas destacamos:

- Nomenclatura.
- Alcoholes, tioles y derivados.
- Sistemas π deslocalizados y reacciones Diels-Alder.

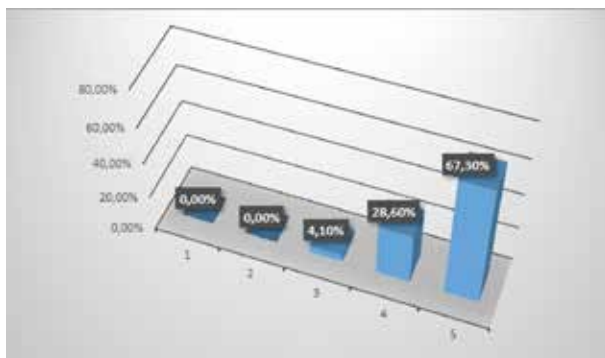


Figura 5. Porcentaje de alumnos que contestaron sobre su preferencia sobre la duración de los vídeos.

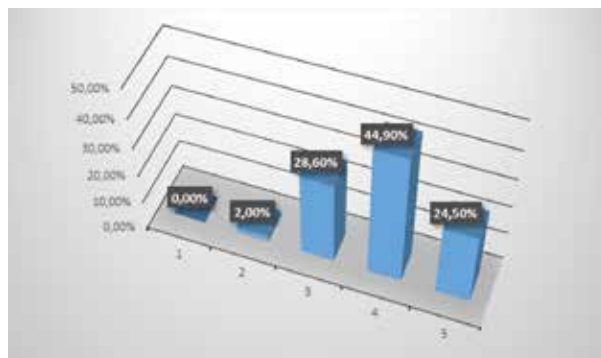


Figura 6. Porcentaje de alumnos que opinaron sobre el número de ejemplos incluidos en las presentaciones (siendo 1 un número insuficiente de ejemplos y 5 un número suficiente de ejemplos)

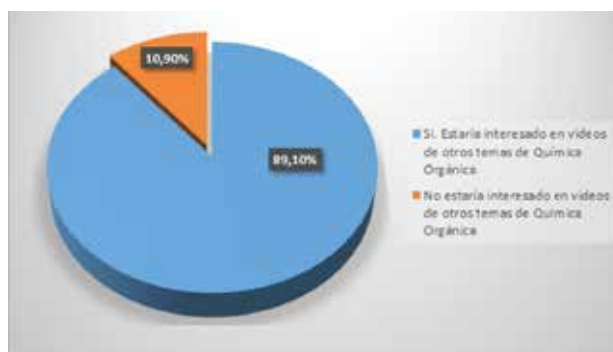


Figura 7. Porcentaje de alumnos que estarían interesados en que se realizasen vídeos sobre otras materias de la Química Orgánica.

CONCLUSIONES

- Se ha creado un repositorio con material audiovisual, para que el alumno lo pueda utilizar durante 24 horas al día, 7 días a la semana, 365 días al año.
- Este material audiovisual permite al alumno resolver dudas de forma asincrónica y le ayuda a comprender la asignatura.
- Este proyecto enriquece al alumno, ya que le facilita su formación en el área de la Química Orgánica, permitiéndole tener una referencia para poder aclarar dudas que puedan surgirle durante el estudio de la asignatura, y al profesorado que lo ha elaborado le permite adentrarse en las TIC, permitiéndole una nueva forma de transmisión del conocimiento diferente a la clase magistral.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lehn, J.-M. (2011) La química: ciencia y arte de la materia. [En línea], disponible en <https://es.unesco.org/courier/yanvar-mart-2011-g/quimica-ciencia-y-arte-materia>
- [2] Solbes, J., Montserrat, R., Furió, C. (2007) El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 21, 91-117.

**Ciencias 2.0:
aplicaciones
docentes de las
TIC**

OBSERVAR EL ESPACIO DESDE EL AULA. EL USO DE TELESCOPIOS ROBÓTICOS EN LA FORMACIÓN DE MAESTROS EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Gema Hebrero Domínguez, Jorge A. Vázquez Parra

Facultad de Educación. Universidad Camilo José Cela, Villafranca del Castillo, Madrid (España).

Dirección de correspondencia: ghebrero@ucjc.edu

Palabras clave: educación primaria; astronomía; telescopios robóticos; competencia científica; STEAM.

Keywords: primary education; astronomy; robotic telescopes; scientific skills; STEAM.

Resumen

En este trabajo presentamos un proyecto realizado por alumnos de tercer curso del Grado de Maestro en Educación Primaria, centrado en un aprendizaje participativo de la astronomía, de tipo competencial y en el que la tecnología ha sido un elemento imprescindible. Esto se ha materializado en el empleo por parte de los alumnos de telescopios robóticos que pudieron ser utilizados desde el aula, y que les permitieron observar objetos de distinta naturaleza, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

Se produjo un aprendizaje de los contenidos relacionados con la observación astronómica y la instrumentación, a la vez que se desarrollaban las habilidades asociadas a estas prácticas. Por añadidura, los estudiantes conocieron un número importante de detalles asociados al trabajo científico, tales como el aprendizaje a través del error; la preparación y planificación previa de las observaciones, la necesidad de repetición debido a la meteorología, y la obtención de resultados diferentes en función de las condiciones del cielo o de los distintos instrumentos, fomentándose de esta manera el desarrollo de las competencias que consideramos imprescindibles para la formación en ciencias de los futuros maestros.

Abstract

We present a project developed by 3rd year students in the Degree of Education for Primary School. This work was focused on skills achievement and cooperative learning of Astronomy with hands-on experiential learning. Technology developed an essential role, because these students took advantage of a set of robotic remote telescopes operated from the classroom. So, they were able to observe several astronomical objects from astronomical observatories located both on the northern and southern hemispheres of Earth.

Contents and skills related to astronomical observation and instrumentation were learnt by our students. Moreover, they noticed usual and important details of scientific work, such as error-based learning; the need to set up and previous scheduling; the need of repetition due to meteorology; the outcomes dependence on the sky conditions and on the instrumentation. So, these students achieved a number of skills related to science learning, which we consider an essential academic background for future Primary School Science Teachers.

INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios indican que la planificación e implementación de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula se ven afectados por la imagen que tienen los propios docentes sobre las ciencias y la práctica científica [1], ya que los profesores suelen tender a reproducir los esquemas que han conocido como estudiantes. Coincidiendo con Buteler; Nieva y Velasco [2], uno de los ejes vertebradores de esta propuesta orientada a futuros docentes pertenecientes al Grado de Maestro en Educación Primaria son las ideas previas de los estudiantes, que pueden proceder de sus experiencias escolares anteriores, siendo muchas de ellas de carácter intuitivo.

Por todo lo anterior, el proyecto que se presenta se ha orientado desde el aprendizaje competencial de las ciencias, en concreto de la astronomía, en el que los contenidos se trabajan al mismo nivel que los procedimientos y las actitudes. Además, la noción de competencia científica va a proporcionar a los docentes en formación criterios para seleccionar, enseñar y evaluar conocimientos básicos en sus futuros alumnos, en línea con lo afirmado por Pedrinacci, Caamaño, Cañal y De Pro [3].

El uso de prácticas análogas a las realizadas por los científicos lleva tiempo ganando espacio en la investigación en didáctica de las ciencias [4], en parte debido a las mejoras demostradas tanto en los aprendizajes como en las indagaciones realizadas por los propios alumnos en el aula [5]. Uno de los efectos beneficiosos de estas prácticas es, lógicamente, que los docentes en formación aprendan a incorporarlas a las clases que impartirán a sus alumnos en el futuro [4]. Tal y como señalan Álvarez y Vals [6] esto, en definitiva, persigue el objetivo de potenciar la construcción de aprendizajes significativos ya que ayudan al alumno a contextualizar y dar sentido a los contenidos de carácter científico.

Todo lo anterior se ha implementado en el proyecto realizado por alumnos de tercer curso del Grado de Maestro en Educación Primaria de la Universidad Camilo José Cela (UCJC), que se describe a continuación. En él, los docentes en formación reprodujeron las actividades realizadas por los astrónomos en sus investigaciones mediante la utilización de una serie de telescopios robóticos manejados desde el aula.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

I. Contexto

La presente propuesta ha sido implantada en el curso 2021-2022 en un grupo de dieciséis alumnos de tercer curso del Grado de Maestro en Educación Primaria de la Universidad Camilo José Cela (UCJC), dentro de la asignatura Ciencias Experimentales, que se imparte en el primer cuatrimestre. Se trata de una asignatura obligatoria y de carácter disciplinar que, junto a la de Ciencias Naturales que se enseña en el segundo cuatrimestre del mismo curso, constituye el núcleo de la formación científica del alumnado. Ambas sirven para que los alumnos recuerden, aprendan y revisen los conocimientos científicos necesarios para cursar después la asignatura Didáctica de las Ciencias, que se imparte en el curso siguiente.

La asignatura Ciencias Experimentales se divide en tres bloques, diseñados a partir del currículo de Educación Primaria vigente. En la **figura 1** se muestran los contenidos que se trabajan en cada uno de estos bloques:

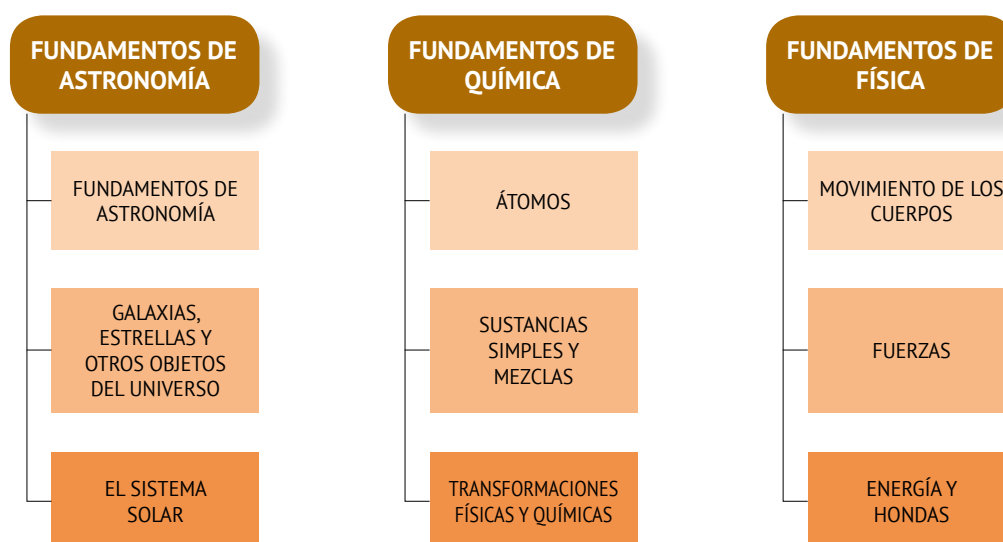


Figura 1. Estructura de los contenidos de la asignatura de Ciencias Experimentales. (elaboración propia).

El proyecto se centró en el primer bloque (Fundamentos de astronomía) y se trabajaron aspectos relacionados con las estrellas, las galaxias y el Sistema Solar:

2. Metodología y recursos

La asignatura Ciencias Experimentales está orientada desde un punto de vista competencial, siendo el aprendizaje de los contenidos igual de importante que el de los procedimientos y la adquisición de actitudes. Entendemos que si los maestros en formación desarrollan estas capacidades van a saber trabajarlas en el aula con sus futuros alumnos de manera eficaz. Por esta razón es importante que se familiaricen desde el primer momento con las características del método científico y, además, se fomente su capacidad crítica. La idea es que se aprenda ciencia haciendo partícipe al estudiante de prácticas análogas a las científicas, algo que cada vez está cobrando más importancia en la investigación en didáctica de las ciencias. También se pretende dotar al maestro en formación de vivencias y herramientas que les hagan replantearse las metodologías que pueden incorporar en sus futuras clases [7].

Es por esto que todas las actividades que se desarrollan en la asignatura son de naturaleza eminentemente práctica, siguiendo la premisa de aprender ciencia haciendo ciencia, utilizando metodologías activas y participativas, en las que el alumnado sea protagonista de su propio aprendizaje. Se parte también de las ideas previas de los alumnos, detectando posibles ideas intuitivas precientíficas (misconceptions) [8], para empezar a trabajar a partir de ellas. Este hecho es relevante puesto que se ha demostrado que tanto los maestros en formación como los docentes en activo poseen una serie de modelos construidos y preexistentes similares a los detectados en sus alumnos [9, 10].

Por otro lado, la astronomía requiere de un enfoque metodológico muy concreto debido a su naturaleza observacional [11]. Por esta razón es necesario combinar las estrategias anteriores con recursos específicos de esta disciplina, como son las observaciones, los modelos y las analogías. Para ello en este proyecto recurrimos al uso de las TIC [12], en concreto a la utilización de una plataforma de telescopios robóticos en la que los alumnos planificaron sus propias observaciones astronómicas y pudieron trabajar a partir de ellas.

Se trata de un observatorio astronómico real formado por varios telescopios que no requieren ser manejados por una persona que se encuentre en el lugar donde se ubican. Las observaciones están previamente programadas o se pueden programar en remoto y, una vez realizadas, el usuario recibe la información y la imagen observada para su posterior análisis y estudio. Lo interesante de este tipo de plataformas es que no se trata de un observatorio virtual o de una simulación, sino que las imágenes que se obtienen son reales (con sus ventajas y defectos), lo que nos sirve también para reproducir el trabajo de un astrónomo con las dificultades que se encuentra en su día a día (distintas fases de la Luna, meteorología adversa, problemas derivados de observar diferentes objetos desde latitudes distintas, etc.).

En concreto, en esta propuesta se ha utilizado la plataforma *Slooh* de telescopios robóticos. Se trata de un proyecto norteamericano de divulgación científica y enseñanza en línea de la astronomía, basado en la programación remota de una serie de telescopios robóticos para la obtención de imágenes astronómicas que el usuario descarga ya procesadas por *Slooh*. Los instrumentos están situados en sendos observatorios en las Islas Canarias (Tenerife) y en Chile, el primero en el Instituto de Astrofísica de Canarias y el segundo en la Universidad Católica de Chile. Los usuarios, en nuestro caso los estudiantes, acceden a las distintas herramientas gracias a una elaborada interfaz en la que se pueden visualizar las imágenes que van generando los telescopios. También pueden unirse a las denominadas *misiones*, programadas por otros usuarios o por el propio personal de *Slooh*, o bien generar observaciones propias. La plataforma entera es un gran proyecto de aprendizaje *gamificado*, donde podemos encontrar diversas indagaciones guiadas (*quests*), creadas con una clara finalidad didáctica. Todo ello se realiza siguiendo una metodología experiencial en la que lo más importante es la observación astronómica, a la vez que se aprenden contenidos relacionados con la astrofísica, la astronomía, la instrumentación científica y la historia de la ciencia. La plataforma se complementa con una activa microcomunidad de aprendizaje, integrada por miles de personas y en la que los estudiantes pueden relacionarse con otros usuarios más experimentados o compartir los resultados de sus observaciones. También se programan actividades divulgativas en forma de fiestas estelares (*star parties*) en las que se generan nuevas experiencias de enseñanza y aprendizaje sobre temas diversos.

2.1. Descripción del proyecto

Como se ha dicho anteriormente, el proyecto se implantó a lo largo del primer cuatrimestre del curso 2021-2022. Para su desarrollo no se estableció de manera fija un día concreto, ya que la astronomía es una ciencia que depende del estado del cielo, por lo que se decidió trabajar siempre que las condiciones meteorológicas lo permitieran. A estas limitaciones se unió la erupción por esas fechas del volcán Cumbre Vieja de la cercana isla

de La Palma, lo que provocó que los telescopios que se localizan en Tenerife no estuvieran operativos durante un tiempo. Esto, lejos de ser un problema para el desarrollo del proyecto, sirvió para enriquecer el aprendizaje competencial de los alumnos, ya que entendieron mejor la naturaleza y los procedimientos de la astronomía y valoraron más el trabajo de los astrónomos y sus resultados.

La clase se dividió en cinco grupos cuyos miembros trabajaron de manera cooperativa con la plataforma *Slooh* y fueron los propios alumnos los que se repartieron los distintos roles y funciones dentro del mismo. El papel del profesorado de la asignatura fue de guía del proceso.

Las fases de realización fueron las siguientes:

- Toma de decisiones: selección de objetos astronómicos, determinación del tipo de observatorio y telescopio, y horario de observación.
- Análisis de las imágenes: determinación de su calidad y necesidad de programar nuevas observaciones en el caso de que no fuera suficiente.
- Clasificación e identificación de objetos astronómicos a partir de lo trabajado en las clases.
- Publicación y puesta en común de los resultados mediante una herramienta *padlet*. Esto sirvió para abrir un debate entre alumnado y profesorado, en el que se expusieron las dificultades encontradas y se intercambiaron ideas para mejorar en un futuro.
- Elaboración de un trabajo en el que se investigaba con más profundidad sobre los objetos observados y exposición final, que fue acompañada de una coevaluación por parte de los alumnos.

3. Resultados y discusión

A lo largo de tres meses los alumnos fueron obteniendo imágenes de diferentes objetos astronómicos de naturaleza muy variada, desde los más cercanos, como la Luna o algunos planetas del Sistema Solar, a otros más lejanos como la nebulosa de Orión o la galaxia de Andrómeda. Aprendieron a detectar las observaciones erróneas y a inferir las causas de esos errores, valorando ellos mismos la necesidad de reprogramar algunas de ellas a partir de las circunstancias meteorológicas. En este caso, a las vicisitudes meteorológicas normales se unieron los problemas derivados de la erupción del volcán Cumbre Vieja de la isla de La Palma, algo que retrasó algunas de las observaciones programadas.

A continuación, se muestran algunos de los resultados obtenidos por los alumnos:



Figura 2. Imagen de la Luna gibosa en cuarto menguante tomada por los alumnos Isaac Terres, Paula Gómez y Sergio de los Reyes.

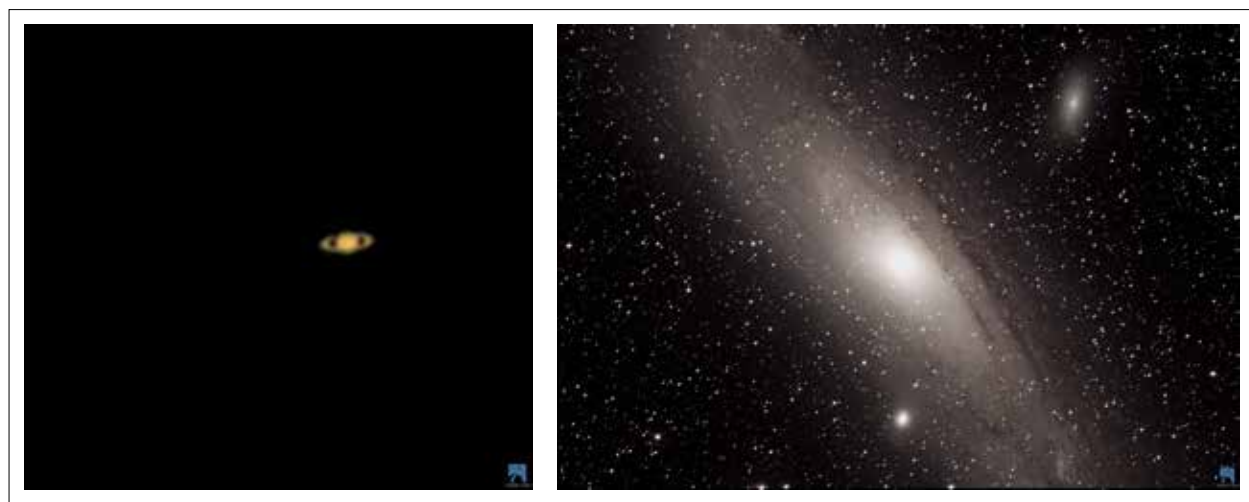


Figura 3 y Figura 4: Imagen del planeta Saturno y de la galaxia de Andrómeda, ambas tomadas por los alumnos Isaac Terres, Paula Gómez y Sergio de los Reyes.



Figura 5 y Figura 6: Nebulosa de Orión y Nebulosa del Caballo, ambas tomadas por los alumnos Isaac Terres, Paula Gómez y Sergio de los Reyes.

Como se ha comentado anteriormente, una vez obtenidas las imágenes de cada uno de los objetos, los alumnos los clasificaron en un padlet que se creó específicamente para el proyecto y al que todos tenían acceso libre. En él clasificaron y difundieron sus resultados, intercambiando ideas y compartiendo dudas y reflexiones. Se muestra a continuación una selección del mismo:

Una vez terminada la fase de identificación, clasificación y puesta en común de los objetos, cada uno de los grupos elige una muestra de cada una de las categorías (sistema solar, estrellas, nebulosas y galaxias) y desarrolla una investigación más profunda siguiendo técnicas de aprendizaje guiado. El profesor acompaña a los alumnos durante todo el proceso y aprovecha para trabajar las concepciones erróneas previamente detectadas. Para finalizar, todos los grupos exponen su trabajo al resto de la clase, realizándose a su vez una coevaluación de la exposición, reproduciendo las labores de difusión de un grupo científico.

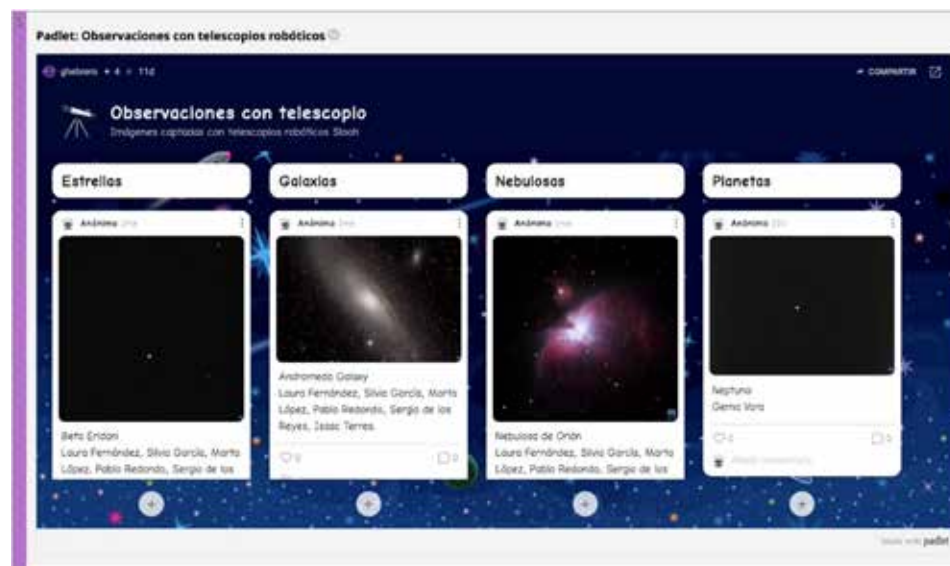


Figura 7: Herramienta padlet en la que los estudiantes compartieron los resultados de sus observaciones con el resto de compañeros.

CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

La formación de los futuros docentes de Educación Primaria en ciencias y, en general, en materias STEAM, está cobrando cada vez más importancia. Una sociedad basada en la ciencia y la tecnología necesita de profesionales bien formados que puedan enseñar ciencias a sus alumnos desde edades tempranas. Por esta razón es importante el desarrollo de un aprendizaje competencial de los futuros maestros, en el que ellos mismos aprendan ciencia a partir de metodologías activas en las que sean sujetos y protagonistas de su propio aprendizaje.

Bajo esta premisa se diseñó y desarrolló el presente proyecto, que integra una herramienta digital en el aula y posibilita la interacción con el objeto de estudio, ya que los alumnos están inmersos en la posición de un astrónomo profesional que planifica y organiza sesiones de observación astronómica. Por otra parte, podemos afirmar que la experiencia motivó a los alumnos y mejoró su actitud hacia la ciencia. En general se produjo una valoración positiva del trabajo científico por parte de ellos.

Consideramos también importante que, para que se produzca un aprendizaje realmente significativo, se diseñe un proyecto completo que trabaje con las imágenes y a partir de ellas se establezca la planificación de una serie de actividades. En este caso la labor del profesor de la asignatura es crucial.

En un futuro se buscará ampliar la experiencia a otras titulaciones dentro de la Facultad de Educación de la UCJC, con lo que se pretende crear una comunidad de aprendizaje de la astronomía en la que se difundan los conocimientos astronómicos y resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J., ELORTEGUI ESCARTÍN, N. (1996) Qué piensan los profesores acerca de cómo se debe enseñar. *Enseñanza de las ciencias* 14 (3), 331-342. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/56871>
- [2] BUTELER L., NIEVA, C., VELASCO, J. (2021) La apropiación de la enseñanza y el aprendizaje de futuros docentes durante el curso de didáctica de la física. *Revista EUREKA sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias* 18(3), 3601. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3601.
- [3] PEDRINACCI, E., CAAMAÑO, A., CAÑAL, P., DE PRO, A. (2012) *11 Ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona, Ed. Graó, p. 39.
- [4] ALARCÓN OROZCO, M. M.; F. M., ANTONIO J.; BLANCO LÓPEZ, A. (2022) Ayudando a maestros en formación inicial a desarrollar indagaciones en la Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 19 (1). doi: doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1601.
- [5] HOFSTEIN, A. LUNETTA, V. N. (2004) The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science education*. doi: 10.1002/sce.10106.
- [6] ÁLVAREZ HERRERO, J. F., VALLS BAUTISTA, C. (2019) Utilización de la contextualización mediante el uso de demostraciones experimentales para mejorar la percepción y la actitud hacia la química de los futuros maestros. *Enseñanza de las ciencias* 37(3), 73-88. doi: 10.5565/rev/ensciencias.2674.
- [7] GARRIDO ESPEJA, A., SOTO ALVARADO, M., COUSO LAGARÓN, D. (2022) *Formación inicial de docentes de ciencia: posibles aportes y tensiones de la modelización*. *Enseñanza de las ciencias* 40-1, 87-105. doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3286
- [8] MARTÍN DEL POZO (coord.) (2013) *Las ideas científicas de los alumnos y alumnas de Primaria: Tareas, dibujos, textos*. Madrid, Universidad Complutense. https://www.ucm.es/didactica_cc_exp/libro-las-ideas-cientificas-de-los-alumnos-y-alumnas-de-primaria-tareas,-dibujos-y-textos
- [9] DIAKIDOY, I.-A.N., KENDEOU, P. (2001) *Facilitating conceptual change in astronomy: a comparison of the effectiveness of two instructional approaches*. *Learning and Instruction* 11, 1–20. doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00011-6
- [10] IGLESIAS, M., QUINTEROS, C., GANGUI, A. (2007) *Astronomía en la escuela: situación actual y perspectivas futuras*. Actas de REF-XV, 15a Reunión Nacional de Educación en la Física. A.P.F.A. <https://arxiv.org/pdf/0807.0418.pdf>
- [11] CHANG, C.-Y. MAO, S.-L. (1999) *Comparison of Taiwan science students' outcomes with inquiry-group versus traditional instruction*. *The Journal of Educational Research* 92-6. doi.org/10.1080/00220679909597617
- [12] PEDASTE, M. Y SARAPUU, T. (2005) *Developing an effective support system for inquiry learning in a web-based environment*. *Journal of Computer Assisted Learning* 22, 47–62. doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00159.x

ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR EL PENSAMIENTO CRÍTICO EN LOS FUTUROS DOCENTES DE QUÍMICA A NIVEL SECUNDARIA

Edith Hernández Vázquez

Escuela Normal Superior de México. Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México.

Dirección de correspondencia: edith.hernandezv@aefcm.gob.mx

Palabras clave: pensamiento crítico; aprendizaje; enseñanza de química; normal superior.

Keywords: critical thinking; learning; chemistry teaching; normal superior.

Resumen

En la idea de lograr una buena alfabetización científica en los estudiantes de química a nivel secundaria, en la Escuela Normal Superior de México, en la Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Educación Secundaria, se emplearon estrategias didácticas para desarrollar el pensamiento crítico en los docentes en formación, en dos asignaturas que corresponden al primero y segundo semestres de su plan de estudios; para que en un futuro cercano sean capaces de despertar el entusiasmo por la asignatura que impartan, para que los adolescentes que atiendan logren movilizar sus saberes para solucionar problemas de su entorno.

Abstract

In the idea of achieving a good scientific literacy in chemistry students at the secondary level, in the Escuela Normal Superior de México, in the Degree in Teaching and Learning of Chemistry in Secondary Education, didactic strategies were used to develop critical thinking in trainee teachers, in two subjects that correspond to the first and second semesters of their study plan; so that in the near future they will be able to arouse enthusiasm for the subject they teach, so that the adolescents they attend can mobilize their knowledge to solve problems in their environment.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química ha presentado importantes cambios en los últimos años. En los años sesenta, se modernizó e intensificó la presencia de las ciencias en los currículos, incrementándose en los años setenta el empleo de nuevas metodologías en los salones de clase, y durante la siguiente década se optó por el enfoque de «ciencia, tecnología y sociedad» (CTS), aplicado a la enseñanza de la ciencia, hasta los más recientes conceptos sobre enseñanza de las ciencias como el modelo STEAM que está utilizándose con gran auge en la actualidad. [1]

Sea cual sea la metodología que se emplee, el énfasis de esta enseñanza se sitúa, entonces, en las relaciones entre la química, la vida cotidiana y los aspectos sociales, con el propósito de formar ciudadanos capaces de tomar decisiones basadas en aspectos científicos y tecnológicos. Lo importante es lograr una verdadera alfabetización científica, para que los estudiantes sean capaces de comprender la química, como construcción humana, y esto solo es posible si se lleva a cabo la contextualización de la ciencia, es decir, si la ciencia se relaciona con la vida cotidiana y permite dar respuesta a las necesidades e intereses de los estudiantes. [2]

En México, dentro de los lineamientos propuestos por la Secretaría de Educación Pública (SEP) para los Planes y Programas 2018, uno de los ámbitos del perfil de egreso de la educación básica comprende la Exploración y Comprensión del Mundo Natural y Social, y en él se considera la enseñanza de las ciencias desde preescolar hasta secundaria. Justamente en este último bloque de la escuela obligatoria, la enseñanza

de la química se realiza durante el último ciclo, en tercero de secundaria, en el que se pretende que los estudiantes sean capaces de explicar los fenómenos de su entorno que comprende esta ciencia.

Ahora bien, en lo que respecta a la formación de los futuros docentes de secundaria a quienes corresponderá la enseñanza de la química, en la Escuela Normal Superior de México (ENSM) se ofrece la Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Educación Secundaria, que presenta condiciones diferentes a la ciencia que se enseña en otras Instituciones de Educación Superior; ya que los enfoques no van sólo dirigidos a la enseñanza de la disciplina, sino también a diferentes enfoques pedagógicos y didácticos que promuevan una mejor enseñanza de la química en estudiantes de tercero de secundaria. [3]

Para atender los fines y propósitos de la educación normal y las necesidades esenciales de aprendizaje de los futuros docentes, el diseño curricular del nuevo plan de estudios 2018 retoma los enfoques didáctico-pedagógicos que se vinculan con los contenidos y desarrollo de las áreas de conocimiento, para que los profesores en formación hagan uso de diversos métodos de enseñanza, estrategias didácticas, formas de evaluación y de la capacidad para crear ambientes de aprendizaje que respondan a las finalidades y propósitos de la educación obligatoria y a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. [4]

PROPUESTA

Frecuentemente se considera dentro del ámbito docente que uno de los objetivos primordiales de la educación es formar personas críticas y autónomas, y para lograr este cometido se requiere cuestionarse sobre la mejor forma de llevarlo a cabo, debido a que el aprendizaje de las ciencias es un ámbito generador de un pensamiento crítico y reflexivo que puede ser útil para la autonomía y la autoestima.

Una de las competencias fundamentales que es necesario desarrollar en los futuros docentes es el pensamiento crítico, que ha sido clasificado como una competencia transversal necesaria para el aprendizaje, y cuya enseñanza es importante para el desarrollo de habilidades de pensamiento en el aula y en la vida, ya que permite expandir las capacidades para la innovación y la creatividad, la investigación y el aprendizaje permanente, además promueve la reflexión, la interpretación, el análisis, la argumentación y la valoración del conocimiento; también mejoran la calidad de vida del estudiante, su futuro desempeño profesional, su autoimagen y autoestima, además de incrementar su motivación al autoaprendizaje. [5]

Zarzar Charur en 2015 [6] plantea que el pensamiento crítico desde el punto de vista filosófico “significa cuestionarse de manera continua y sistemática si el método o el proceso que estoy siguiendo cumple las normas de la ciencia con la que estoy trabajando”. Para poder fomentar este proceso de pensamiento se requiere tener la mente abierta, que permita examinar el mayor número de ideas, escuchar puntos de vista diferentes para posteriormente analizarlos y reflexionar, sin prejuicios, más bien desarrollando una curiosidad natural para aprender:

El estudio de la ciencia, y en particular de la química, requiere que los estudiantes, y los profesores que imparten la asignatura, estén dispuestos a modificar sus conocimientos, y para ello deben ser capaces de formular preguntas claras y precisas, reunir información relevante sobre los temas de estudio, llegar a conclusiones y soluciones razonadas que puedan ser comunicadas de manera efectiva y escuchadas con atención, provocando en los aprendices un cambio en la forma en que se expliquen los fenómenos de su entorno.

Justo es debido a estas razones que se decidió llevar a cabo un proyecto con los futuros docentes de la Escuela Normal Superior de México. Se trabajó con los estudiantes de primero y segundo semestre de Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en la Escuela Secundaria, a quienes se impartieron las asignaturas de Nociones Básicas de Química y Estructura y Propiedades, respectivamente.

Debido a que las clases durante todo el ciclo escolar pasado fueron en línea, se estructuraron diferentes actividades que permitieran la mejor enseñanza de los temas empleando diferentes recursos. Las estrategias estaban encaminadas a desarrollar el pensamiento crítico en ellos, para cuestionar los argumentos teóricos presentados en los distintos textos que consultaron y la relación que podían llegar a tener estos conceptos con aspectos en la vida real.

Cabe anotar también aquí que para registro y evaluación de los estudiantes en la ENSM se emplea la plataforma Classroom, que se encuentra vinculada con otras plataformas educativas, lo que permitía que las

calificaciones obtenidas por los alumnos se enviarán directamente a los grupos de clase, minimizando los errores en su captura.

Las actividades se clasificaron principalmente en cuatro tipos:

a) Actividades considerando recursos de la web.

En ella se incluyeron:

1. La realización de cuestionarios en formularios de Google. Se emplearon como evaluación diagnóstica en algunos temas o como evaluación sumativa de una unidad. Las preguntas que se emplearon en ellos fueron con respuestas cerradas de opción múltiple o de relación de columnas. A través de esta actividad los estudiantes se dieron cuenta de cuáles eran los conceptos químicos más o menos fortalecidos, y de acuerdo con el resultado obtenido en cada cuestionario se les solicitó que consultaran textos sobre la asignatura o que asistieran a asesorías individuales para despejar las dudas sobre los términos con los que se trabajaría en las clases siguientes. (Véase la **figura 1**).

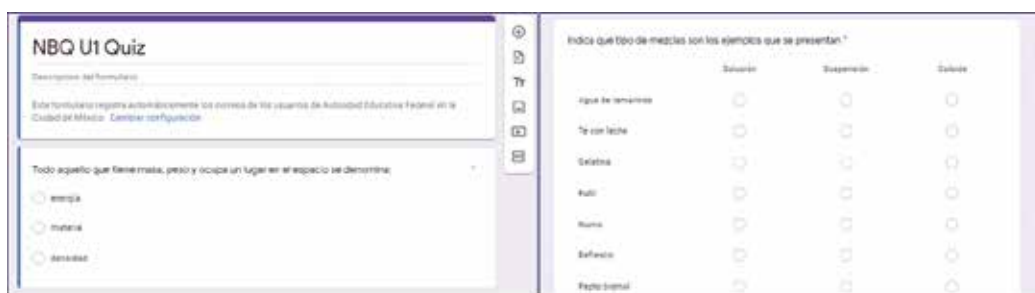


Figura 1. Cuestionarios de Google para diagnóstico de temas de la asignatura Nociones Básicas de Química.

2. Visualización de vídeos con preguntas a través de la herramienta Edpuzzle, que es una aplicación amigable que permite introducir preguntas a videos de YouTube, con la intención de rescatar los aprendizajes adquiridos sobre un tema en particular. Las preguntas que se pueden realizar son de opción múltiple o bien preguntas abiertas. (Véase la **figura 2**).

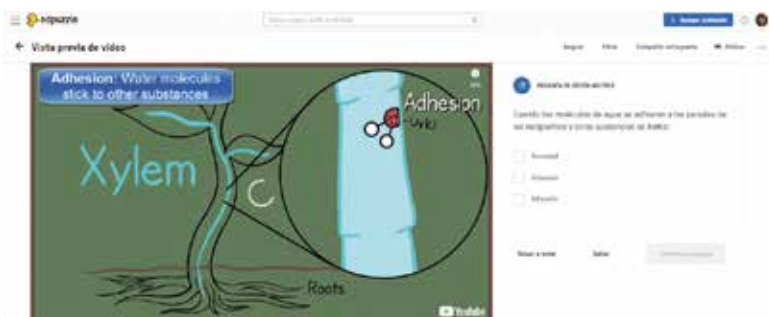


Figura 2. Preguntas en Edpuzzle para el tema de tipos de soluciones.

Los estudiantes no conocían la aplicación, pero les pareció adecuada para repasar los conceptos de clase, analizar los ejercicios bajo la perspectiva de otro docente y escribir ejemplos de fenómenos cotidianos basados en los conceptos que incluían cada uno de los vídeos analizados.



Figura 3. Historieta en Pixton realizada por los alumnos sobre modelos atómicos.

3. Una historieta en la que los estudiantes se organizaron por equipos para explicar todos los modelos atómicos que se consideran para su enseñanza en secundaria, desde el modelo de Dalton hasta el modelo atómico actual. Para su realización se utilizaron plataformas como Canva o Pixton y se subieron a Classroom para su evaluación. (Véase la **figura 3**)

Esta técnica permitió el trabajo en equipo, ayudando a que los futuros docentes analizaran y resumieran la información, pero además que fueran capaces de expresarla en lenguaje sencillo y comprensible para sus futuros alumnos de secundaria.

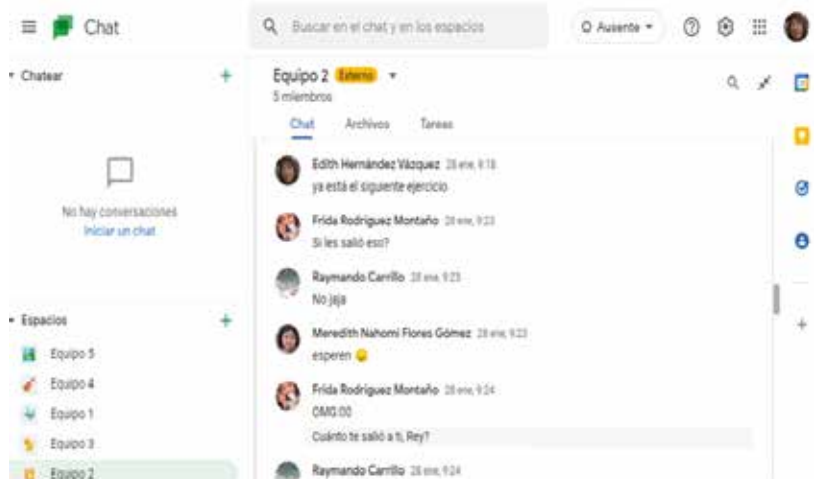


Figura 4. Chat de Google para resolución de ejercicios en equipo.

importancia biológica como la disolución glucosada, la disolución salina fisiológica, la disolución Hartmann, etc.; también se empleó para la determinación de partículas subatómicas, configuraciones electrónicas o balance de ecuaciones químicas.

El chat permitió una mayor interacción del docente con los integrantes de equipo, pero también les permitió socializar entre ellos las posibles respuestas, solucionando dudas entre pares y reafirmando la comprensión de los procedimientos para la solución de ejercicios matemáticos que involucra el estudio de la química.

2. Isótopos naturales de importancia médica.

Se pidió que investigaran sobre el concepto y ejemplos de isótopos de importancia médica. El reporte lo realizaron por equipo a través de una infografía, y para ello emplearon plataformas como *Canva* o *Lucidchart*, que son específicas para este tipo de organizadores gráficos. Para la evaluación de las investigaciones se solicitó la explicación de su trabajo durante las clases, para que fuera analizado entre el equipo y sus compañeros. (Véase la figura 5).

3. Investigación de la clasificación de disoluciones, suspensiones y coloides.

La petición era que indagaran sobre ejemplos de este tipo de mezclas, pero que fueran importantes para el ser humano, principalmente. Los resultados de la investigación se concentraron en una presentación de *PowerPoint*, con una breve explicación de cada uno de ellos, y se expusieron durante clases. Este material no sólo era para cumplimiento de los temas de la asignatura, sino que en un futuro puede ser empleado para la impartición de clases en sus jornadas de práctica docente y también en su ejercicio profesional en las aulas de clase. (Véase la figura 6).

b) Actividades en equipo:

1. *Chat de Meet*. Para poder auxiliar a los estudiantes en la correcta solución de los ejercicios, se empleó el *chat de Meet* y documentos compartidos en *Google Drive*. Lo importante era que aquellos estudiantes que tuvieran problemas en la realización de la actividad pudieran preguntar a sus compañeros de equipo o a la docente, para poder comprender las respuestas correctas. (Véase la figura 4).

Con esta actividad se realizaron ejercicios para el cálculo de la concentración porcentual, a través de la solución de diversos ejercicios de aplicación, pero considerando disoluciones de



Figura 5. Infografía de isótopos de importancia médica.



Figura 6. Ejemplo de Presentación de PowerPoint realizada por los alumnos.

Esta actividad les resultó divertida y desafiante, ya que no sólo se trataba de comprender los conceptos, sino de encontrar ejemplos en sus casas que se pudieran clasificar en cada uno de los tipos de mezclas y analizar en equipo si los productos que se habían propuesto estaban correctamente catalogados.

c) Realización de vídeos: Específicamente realizaron vídeos para la elaboración de diferentes productos caseros, pero con la explicación de sus componentes y la clasificación del producto como una disolución, suspensión o coloide. En cada realización los estudiantes dieron la explicación del tipo de sustancias que se utilizaban, el tipo de mezcla formada y las razones de cada etapa del procedimiento.

Los vídeos fueron grabados con su celular y subidos a la plataforma *YouTube*. Se enviaron los vínculos de estos a la plataforma *Classroom* para su socialización y análisis entre los compañeros de clase. (Véase la **figura 7**).



Figura 7. Realización de vídeos.

La realización de esta actividad tuvo un mayor grado de dificultad, ya que esta vez no sólo era llegar a un acuerdo, sino que además se tenía que dar una explicación de cada uno de los pasos del procedimiento para preparar su producto casero, porque tenían que involucrarse los conceptos de la asignatura que se estaba cursando.

De cualquier forma, también permitió un buen trabajo en equipo, ya que algunos de los integrantes realizaron el guion, otros explicaron frente a la cámara y otros más editaron el video para poder subirlo a *YouTube*.

d) Uso de papiroflexia: Empleando hojas de colores se construyó un rehilete de 8 picos. Se solicitó que los alumnos investigaran en algún vídeo la forma en que se doblan las hojas para formar un rehilete de este tipo; de cualquier forma se dieron las explicaciones a través de la clase virtual, y una vez que lograron formar la figura se les pidió que dibujaran el croquis de la tabla periódica y que colocaran los nombres de las propiedades que se estudian en ella. (Véase la **figura 8**).

Debido a que la figura se puede cerrar para formar propiamente el rehilete, se les solicitó que escribieran las características de cada una de las propiedades periódicas. (Véase la **figura 9**).

Los estudiantes consideraron esta actividad como una buena estrategia para sintetizar la información en un organizador gráfico diferente, ya que podría ser una excelente técnica para llevarse a cabo con los estudiantes de secundaria.

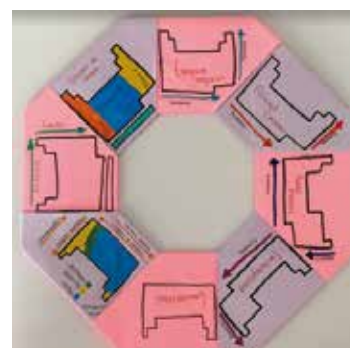


Figura 8. Rehilete de 8 picos sobre propiedades en la tabla periódica (abierto).

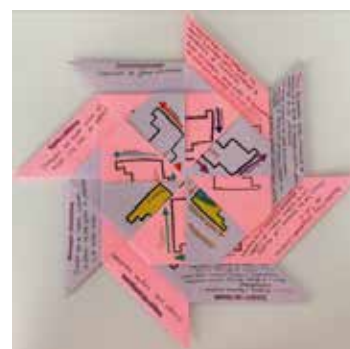


Figura 9. Rehilete de 8 picos sobre propiedades en la tabla periódica (cerrado).

DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron como consecuencia del trabajo con este tipo de actividades fueron satisfactorios, ya que no sólo se recibían los trabajos en las asignaciones respectivas, sino que se cuestionaba la utilidad que tenía cada una de ellas, sobre todo porque cada una de las tareas solicitadas en las asignaciones de cada uno de los cursos tenía que relacionarse con las labores que, en un futuro, los docentes en formación puedan aplicar en las aulas de clase.

Dentro de las competencias que se solicitan en los estudiantes de la Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Educación Secundaria se pretende que los estudiantes sean capaces de atender situaciones y resolver problemas del contexto escolar; del currículo de la educación obligatoria, de los aprendizajes de los alumnos, de las pretensiones institucionales asociadas a la mejora de la calidad, así como de las exigencias y necesidades de la escuela y las comunidades en donde se inscribe su práctica profesional.

Trabajar en la enseñanza de la química exige agudizar los sentidos: atreverse a buscar respuestas, a construir y a reconstruir la ciencia. Propicia que los docentes involucrados en esta tarea alcancen distintas formas de análisis, y preferentemente desarrollen un pensamiento crítico que les permita la evaluación de información relevante, para que sean capaces a su vez de propiciar este tipo de actitudes en los alumnos de tercero de secundaria. Si las estrategias se emplean adecuadamente, los temas tratados en clase generarán algún tipo de inquietud o expectativa y paulatinamente los adolescentes que se atiendan llegarán a la solución de problemas empleando los conocimientos que se incluyen dentro de sus planes de estudio, logrando por ende que mejoren el contexto en el que se desenvuelven.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MERONI, G., COPELLO, M. y PAREDES, J. (2015) Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química* 26 (4), 275–280.
- [2] CAAMAÑO, A. (2011) Enseñar Química mediante la contextualización la indagación y la modelización. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales* 69, 21–34.
- [3] SEP (2011) Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI. México pp. 11-40 [En línea], disponible en: http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LibroAgustin.pdf [Consultado el 13/02/2022]
- [4] DGESUM (2018) Plan de Estudios Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Educación Secundaria. Dirección General de Educación Superior para el Magisterio. [En línea], disponible en: <https://www.cevie-dgesum.com/index.php/planes-de-estudios-2018/121> [Consultado el 12/01/2022]
- [5] MOLINA-PATLÁN, C., MORALES-MARTÍNEZ, G. y VALENZUELA-GONZÁLEZ, J. (2016) Competencia transversal pensamiento crítico: Su caracterización en estudiantes de una secundaria de México. *Revista Electrónica Educare* 20 (1), 237-262.
- [6] ZARZAR CHARUR, C. (2015) Métodos y Pensamiento Crítico. Edit. Patria.

SITIO WEB ENFOCADO A LA ENSEÑANZA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES – PROYECTO COLABORATIVO PROCOLER

Jessica Mayorga Buchely¹, Nelson Arias Ávila², Verónica Tricio Gómez³

¹ Licenciatura en Física, Universidad Distrital, Bogotá, Colombia. Egresada.

² Licenciatura en Física, Universidad Distrital, Bogotá, Colombia. Jubilado.

³ Departamento de Física, Universidad de Burgos, España.

Dirección de correspondencia: lselorenamayorga@gmail.com

Palabras clave: Procoler; espacio virtual; docente; energías renovables; educación secundaria.

Keywords: Procoler; virtual space; professor; renewable energy; secondary education.

Resumen

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han influido en los procesos de enseñanza y aprendizaje en la última década y en particular en los dos últimos años. Dado su impacto actual, ha sido necesario involucrarlas en el ámbito educativo a partir de la variedad de elementos que las integran como son los sitios web. Este trabajo presenta el diseño, estructura y actualización del sitio web del PROCOLER (Proyecto Colaborativo en Energías Renovables) como parte de los resultados iniciales del mismo. El sitio comprende cuatro secciones que permiten brindar información general sobre las energías renovables, herramientas educativas para docentes y estudiantes; además, también ofrecen una actualización relacionada con la incorporación de material virtual para satisfacer las nuevas exigencias de la educación.

Abstract

Information and Communication Technologies (ICT) have influenced the teaching-learning processes in the last decade and particularly in the last two years. Given their current impact, it has been necessary to involve them in the educational field from the variety of elements that integrate them, such as websites. This paper presents the design, structure and updating of the PROCOLER (Collaborative Project on Renewable Energies) website as part of its initial results. The site includes four sections that provide general information on renewable energies, educational tools for teachers and students, and also offer an update related to the incorporation of virtual material to meet the new demands of education.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de energía basado en los combustibles fósiles ha sido cuestionado desde hace años por sus procesos altamente contaminantes y, en consecuencia, los efectos nocivos sobre el medio ambiente; por ello, existe una conciencia colectiva de que ese sistema se debe cambiar. En el marco de una educación que favorezca la transición a la sostenibilidad, se hace necesario enseñar energías renovables (ER) particularmente en los niveles básicos y medio de educación [1], a través de la implementación de propuestas didácticas que brinden conocimientos adecuados sobre fuentes más sostenibles y propiciar en el ciudadano una “conciencia energética y ambiental” para que, desde temprana edad, pueda tomar acciones pertinentes con relación al cambio del sistema de producción de energía existente.

Hoy es conocido que los sitios web son estos espacios digitales que brindan herramientas virtuales las cuales actualmente están cada vez más incorporadas en las instituciones educativas dado su impacto actual, y que han sido nuevas formas de interacción entre los docentes y estudiantes, que enriquecen la enseñanza y el aprendizaje [2]. Existe una variedad de contenido web sobre las energías renovables con información

que engloba todo lo relacionado con fuentes, fundamentos físicos, dispositivos, características, ventajas y desventajas de su uso, etc. Sin embargo, se encuentra poco material en sitios web relacionados con la enseñanza de tan importante temática. Por lo anterior, se construye un sitio web educativo que, desde un enfoque multidisciplinar, integre buena parte de las materias o asignaturas de los programas escolares con las temáticas de las ER; incorporando el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que desde hace un tiempo se ha convertido en una herramienta necesaria en la formativa de jóvenes estudiantes.

CARTILLA DIDÁCTICA

Son varios los métodos, formas y propuestas que se han hecho para la enseñanza y difusión de las ER en los diferentes niveles de educación; sin embargo, la mayoría de estas propuestas presentan algunas problemáticas, como por ejemplo la creación de nuevos espacios o asignaturas en el currículum que contemplen estas temáticas, la falta de conocimiento y preparación del cuerpo docente o la falta de bibliografía adecuada sobre las ER y su enseñanza, particularmente en los niveles básico y medio [3].

Una propuesta didáctica para la enseñanza de dichas temáticas está contemplada en la publicación titulada “*Cartilla para la enseñanza de las energías renovables*” (figura 1), cuyo objetivo principal es brindar al profesorado de educación básica y media una herramienta que, a modo de guía de orientación y apoyo, le ayude en el proceso de enseñanza de las ER (también algunos temas relacionados como la eficiencia energética) y sea implementada a través de una metodología diferente e innovadora en la que se trabaje de forma colaborativa, multidisciplinar y transversal tomando como eje integral las ER.

La cartilla presenta actividades concretas para orientar al docente tales como *construcción de dispositivos en el aula, laboratorios y ejercicios*, que muestran al estudiante que puede ser un partícipe activo en una posible solución a las problemáticas ambientales [4,5]. Se han vinculado a la implementación de la cartilla algunos colegios, entre los cuales vale la pena destacar al San Pedro y San Felices, y Jesús María, ambos de Burgos, España, y al colegio Marco Antonio Carreño Silva, de Bogotá, Colombia [6].



Figura 1. Portada y contraportada de la cartilla para la enseñanza de las energías renovables.

EL PROYECTO COLABORATIVO SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES

Para llevar a cabo la propuesta que está contenida en la cartilla, surge el proyecto de investigación PROCOLER, en convenio con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia y la Universidad de Burgos, España, cuyos objetivos están enfocados en la premisa de enseñar energías renovables (ER) y temas relacionados, que a diferencia de otras propuestas existentes que chocan con las diferentes problemáticas mencionadas anteriormente, el proyecto encamina la implementación de la cartilla a través de una metodología estructurada en diferentes etapas de ejecución, entre ellas la creación del sitio web.

EL SITIO WEB DEL PROCOLER

El sitio web, así como la cartilla y el PROCOLER, están orientados principalmente a docentes, como una herramienta virtual que enriquece el aprendizaje de las ER en el aula. En dicho sitio podrán acceder principalmente a material y recursos útiles basados en la metodología de la cartilla, información sobre los denominados tipos de ER y, además, favorecer los espacios llamados comunidades virtuales, donde es posible la comunicación e interacción entre usuarios, a través de creación de foros interactivos que permitan compartir experiencias y avances de la propuesta.

El sitio fue desarrollado y actualizado en la plataforma Joomla! en su versión 3.7.3, un software libre que emplea una interfaz sencilla de manejar, la cual cuenta con una amplia gama de herramientas que permiten

diseñar entornos educativos con alto contenido de texto, imágenes, vínculos, música y archivos multimedia en general [7,8].

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL SITIO WEB

El sitio web presenta una interfaz sencilla, que expone un entorno educativo ambientado con imágenes relacionado con la educación y a las ER. Su estructura está diseñada en cuatro secciones básicas que muestran información basada en contenidos generales de las ER, su enseñanza, divulgación y comunicación colectiva entre los usuarios [9,10]. A continuación, se realiza una descripción de la portada y cada una de las secciones que lo componen con su respectiva actualización.

Portada

La portada del sitio web inicia con un encabezado visible en todas las páginas del mismo, que muestra el logo PROCOLER y el acceso al menú principal: un botón de inicio, el menú de acceso a las principales secciones del sitio, un menú de acceso a la información sobre el PROCOLER y sus objetivos, información de contacto en un botón titulado ¿quiénes somos? y, posteriormente, un botón de inicio de sesión (aún en construcción) que pretende autenticar usuarios como docentes y estudiantes. Además un *banner* de acceso con información del contenido del sitio (**figura 2**).

Luego se presenta una introducción general, con una breve descripción de las fuentes energéticas más empleadas en la actualidad (combustibles fósiles), por qué su uso ha llevado a diferentes problemáticas medioambientales y cómo las energías renovables deben ser incorporadas en la educación, desde diferentes aspectos, como una contribución a dichas problemáticas (**figura 3**).



Figura 2. Vista principal de la portada.



Figura 3. Vista secundaria de la portada.

Al costado izquierdo se presentan íconos de redes sociales, un menú desglosado con acceso a la información principal, un calendario de eventos académicos y algunos "módulos de acceso", como se denominan en Joomla, que muestra la actualización de algunas de las secciones. Finalmente, en el pie de página se muestra información como número y correo electrónico de contacto y un módulo principal de las secciones del sitio (**figura 4**).

Esta página introductoria permite una mejor navegabilidad, vinculando la información con los contenidos más relevantes.



Figura 4. Vista complementaria y pie de página de la portada.

Secciones

El sitio web comprende cuatro secciones principales:

La primera sección, llamada **Las fuentes de energía renovable (figura 5)**, comprende información histórica y general sobre cada una de las fuentes de energía, su definición, clasificación, etc., haciendo énfasis en los diferentes dispositivos que las emplean y conceptos científicos básicos para su entendimiento [10]. Se presenta, además, una serie de enlaces de descarga de información (diversos materiales) que complementa el contenido de lo tratado. Esta sección presenta una actualización sobre mejoras en su navegabilidad de tal forma que su contenido se organice de forma desplegada, omitiendo el diseño anterior de mover el cursor hasta el final de la página.

La segunda sección, llamada **Sala de profesores (figura 6)**, se enfoca principalmente en la enseñanza de las ER a partir del contenido de una serie de herramientas didácticas diseñadas con el fin de brindar a docentes de varias asignaturas el acceso a diversas actividades para el aula, y siguiendo la metodología de la cartilla. Dichas actividades se encuentran como material didáctico descargable que comprende fichas didácticas, dispositivos para desarrollar en aula, laboratorios y ejercicios, relacionados con las ER y otras temáticas directamente enfocadas en las ER. De igual manera, se presentan los enlaces donde pueden consultarse algunas propuestas didácticas sobre la enseñanza de las ER, entre ellas la contemplada en la cartilla.



Figura 5. Sección Las fuentes de energía renovable.

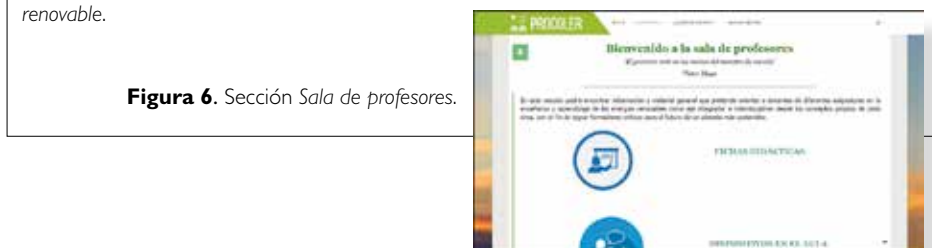


Figura 6. Sección Sala de profesores.

Fichas y laboratorios

Las fichas son unas propuestas metodológicas y didácticas cuyas características generales basadas en la transversalidad se presentan en la cartilla; en el sitio, se busca presentar algunos ejemplos complementarios y concretos que son opcionales e ilustrativos para que cada docente, en cada asignatura, adapte sus propias fichas dependiendo de las condiciones concretas de la institución y sus estudiantes [3]. Estas integran de manera transversal las diferentes asignaturas del plan de estudios escolar con las temáticas de las ER como eje central (pueden ser otros ejes), por lo cual son propuestas generales, pero con contenidos muy precisos que complementan la labor del docente en el proceso de la enseñanza de las ER y temas afines.

La ficha (figura 7) consta con una serie de actividades prácticas que están enfocadas desde cada asignatura (Español, Biología, Sociales, Física, Matemáticas, etc.) que sugiere, por ejemplo, la construcción de dispositivos caseros con materiales de bajo costo; ejercicios contemplados en la sección Sala de profesores, y lecturas complementarias, entre otras. Las fichas están clasificadas según el tipo de ER y cuentan con la siguiente estructura general:

1. Introducción a la ficha.
2. Enfoque desde diferentes disciplinas.
3. Hacerlo en clase: Actividades.
4. Lecturas complementarias.
5. Notas.
6. Bibliografía.



Figura 7. Ejemplo de ficha didáctica para docentes.

La ficha no está concebida para que el docente la implemente textualmente o que sea la única forma de realizarla; es un material que deberá adaptar a los diferentes niveles, a las condiciones del plantel educativo y a su quehacer diario.

Los laboratorios, al igual que las fichas, son un material disponible para orientar al docente, cuya propuesta es llevar a cabo prácticas que se relacionan, por ejemplo, con los dispositivos caseros contruidos (secador, horno y celda solar) contemplando laboratorios donde el estudiante mismo participe en la formulación y desarrollo de las diferentes actividades. Están clasificados en laboratorios directos, en los que se encuentran prácticas que se relacionan principalmente con los dispositivos caseros contruidos; el otro corresponde a los laboratorios indirectos, donde se presentan y sugieren prácticas que involucran conceptos relacionados con las ER, que son fundamentales en el estudio de diferentes disciplinas como Física, Química y Biología, entre otras. Se expone al docente que para el desarrollo de estos laboratorios, los estudiantes contribuyan a la formulación de hipótesis previamente, a los resultados de los mismos y permitan concluir sobre todo el proceso de práctica, con el fin de no adoptar una postura de realización de la experiencia tipo “receta” o “paso a paso”.

Los laboratorios (**figura 8**) comprenden la siguiente estructura:

1. Introducción.
2. Materiales básicos.
3. ¿Qué se busca?
4. ¿Qué hacer?
5. ¿Qué y cómo medir?
6. Actividad complementaria.
7. Lecturas complementarias.
8. Enfoque desde otras asignaturas.
9. Bibliografía.

El desarrollo e implementación de estos laboratorios dependerá en gran medida de los insumos, equipos y la infraestructura del plantel educativo.



Figura 8. Ejemplo de Laboratorio.

Actualización: Sección Sala de profesores

Teniendo en cuenta las nuevas exigencias en la educación, particularmente virtual, se presenta un nuevo acceso que está disponible en la portada del sitio web, para que los docentes puedan utilizar algunas herramientas digitales disponibles en la web (**figura 9**), con el fin de relacionar sus temáticas de base con las energías renovables. Algunas de ellas son, por ejemplo, simulaciones sobre el efecto invernadero, simulador para ubicar los principales parques solares en el mundo, simuladores de algunas formas de energía, entre otras.



Figura 9. Herramientas digitales. "Sala de profesores".



Figura 10. Sección Sala de Prensa".

La tercera sección, **Sala de prensa (figura 10)**, presenta un directorio de documentos (artículos, libros, revistas, etc.) sobre la enseñanza de las ER en educación secundaria y educación universitaria, además de artículos divulgativos sobre las energías renovables. También se brinda un espacio de noticias de actualidad que se enfocan en implementación y avances tecnológicos sobre las ER y temas afines, además de un listado de días conmemorativos, por ejemplo, el Día de la Tierra. Asimismo, se presenta un calendario de eventos académicos sobre la enseñanza de las ER de índole nacional o internacional, como también algunos eventos relacionados con la divulgación de las energías renovables y algunas normativas nacionales y supranacionales, incluidas las recomendaciones y documentos de la ONU y la UNESCO.

Actualización: Sección Sala de prensa

La sala de prensa presenta una nueva organización y actualización del directorio de artículos (figura 11), libros y cartillas sobre enseñanza de las energías renovables, sostenibilidad ambiental y cambio climático, que están disponibles en la web de los últimos cinco años, donde los usuarios podrán revisar la información de los artículos por título, autor y año de publicación. De igual manera, se comparten enlaces de acceso a películas, videos y documentales relacionados con la energía, como por ejemplo “El niño que domó el viento”. Filmes basados en el concepto científico de fuentes renovables de energía.

En la cuarta y última sección, llamada **Sala de debate (figura 12)**, se tendrá a disposición algunas herramientas de comunicación en las cuales docentes de diferentes áreas del conocimiento tendrán la oportunidad de interactuar con otros colegas (también con estudiantes), al compartir las experiencias en el aula sobre propuestas didácticas implementadas como la cartilla u otras, con el fin de generar debates que enriquezcan nuevas metodologías de aprendizaje enfocadas a la enseñanza de las ER. Dichas herramientas son foro de profesores, foro ambiental y un blog interactivo estudiantil, que se podrán emplear creando un usuario en el sitio web, iniciar sesión y participar activamente. Esta sección no presenta actualización vigente, pues aún se encuentra en construcción.



Figura 11. Directorio de artículos: Sala de prensa.



Figura 12. Sección Sala de debate.

CONCLUSIONES

- La “Cartilla para la Enseñanza de las Energías Renovables” y el sitio web son una propuesta metodológica y didáctica que está centrada en el trabajo colaborativo y transversal de los docentes de la gran mayoría de las asignaturas del programa escolar a nivel secundario, donde las ER a través de su enseñanza son el eje central, no solo en el aprendizaje de conocimientos básicos de los estudiantes, sino en adoptar un comportamiento que se enmarque en los lineamientos de un desarrollo sostenible a lo largo de su vida. Esto se puede realizar por medio de la implementación de diversas actividades que se logran acondicionar a las necesidades de cada nivel y no implica crear nuevas asignaturas o aumentar número de horas. Involucrando a las TIC, el sitio web como parte integral del PROCOLER cuenta con las herramientas necesarias en sus distintas secciones para consultar y ejecutar las actividades en el aula.
- El sitio web (aún en construcción parcial) está dirigido a los docentes como principales usuarios. En él se presenta información estructurada mediante las diferentes secciones orientadas a facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ER, que engloban o reúnen en un único portal web educativo principalmente la información general, el acceso a herramientas didácticas, material complementario y a la participación e interacción de los usuarios.
- Teniendo en cuenta las nuevas necesidades educativas de los últimos dos años, en particular de la educación virtual, la actualización del sitio web en algunas de sus secciones proporciona información adicional al docente, relacionada con material textual y audiovisual, como también de herramientas digitales vigentes en la web y enfocadas en la enseñanza de las ER, con el fin de utilizarlas en los posibles espacios de encuentros virtuales. Adicionalmente a esto, su actualización en cuanto al diseño y conectividad entre las secciones garantiza una mejora en la navegabilidad de los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CORTAZZO, A. (2020) La experiencia uruguaya de educación en energías renovables: de Luces para Aprender a Nodos Educativos. *Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)*, p. 15-16. ISBN: 978-9974-8753-9-5
- [2] BRICEÑO, S. y BASTIDAS, J. (2008) El uso de la página web como herramienta pedagógica para la enseñanza de la geografía. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. Vol. 13, N° 2, 250, 249-257
- [3] ARIAS ÁVILA, N., TRICIO GÓMEZ, V. (2013) *Cartilla para la enseñanza de las energías renovables*. Burgos, España, Editorial Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional de la Universidad de Burgos.
- [4] (2017) e-libro.net. La socialización del conocimiento. [En línea], disponible en <https://www.e-libro.net/libros/libro.aspx?idlibro=12741> [Consultado el 6/01/2022].
- [5] (2022) UNEBOOK. Libros universitarios. [En línea], disponible en https://www.unebook.es/es/ebook/cartilla-para-la-ensenanza-de-las-energias-renovables_EI000000303 [Consultado el 6/01/2022].
- [6] ARIAS ÁVILA, N., TRICIO GÓMEZ, V. (2015) *Propuesta multidisciplinar y cooperativa: Energías Renovables en Secundaria*. (Actas del III Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza. Editorial Santillana.) Madrid, España, p. 35-41. ISBN: 974-84-680-3013-5.
- [7] (2022) Sitio web PROCOLER [En línea], disponible en <https://rita.udistrital.edu.co/procoler2/> [Consultado el 13/04/2022].
- [8] SÁNCHEZ, J., RUIZ, J. (2012) Joomla!: La web en entornos educativos. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de formación. [En línea], disponible en <https://docplayer.es/674631-Joomla-la-web-en-entornos-educativos.html> [Consultado el 6/01/2022].
- [9] ARIAS ÁVILA, N., TRICIO GÓMEZ, V., MAYORGA BUCHELY, J., ORTEGA VÁSQUEZ, J. (2019) Renewable energies: A thematic connection between subjects. *Culture and Environment. Weaving New Connections*. Vol. 4, 261-268. ISBN: 978-90-04-39668-5.
- [10] MAYORGA BUCHELY J., ARIAS ÁVILA, N., TRICIO GÓMEZ, V. (2019) Resultados del PROCOLER en un sitio web. *VIII Tíbero. Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria*. Habana, Cuba.

POTENCIANDO EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO Y LA EDUCACIÓN INCLUSIVA EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA BIOINORGÁNICA Y BIOMATERIALES MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS E-LEARNING

Sandra Sánchez Salcedo, Jesús L. Pablos

Dpto. Química en Ciencias Farmacéuticas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España).

Dirección de correspondencia: sansanch@ucm.es / jesuslpa@ucm.es

Palabras clave: *e-learning*; inclusión; aula invertida; química, inglés.

Keywords: *e-learning*; inclusion; inverted classroom; chemistry; english.

Resumen

La aparición de nuevas tecnologías (internet, televisión digital, satélite, etc.) ha supuesto un punto de inflexión en la forma de comunicación en la sociedad y por supuesto en la forma de aprender y enseñar. En el estudio de la parte experimental de las asignaturas de Biomateriales y Química Bioinorgánica y Biomateriales, de los grados en Ingeniería de Materiales y en Farmacia, se ha detectado de forma generalizada en los alumnos una gran carencia de conceptos básicos relacionados con la parte práctica, en relación con el uso de las múltiples técnicas instrumentales utilizadas, así como la comprensión de los fundamentos teóricos asociados a estas.

Para ello se ha propuesto elaborar, a través de estrategias innovadoras *e-learning* basadas en el uso de diversos recursos informáticos utilizados sistemáticamente en el Dpto. de Química en Ciencias Farmacéuticas, una serie de materiales didácticos basados en la elaboración de videotutoriales que abarquen tanto la parte teórica como la parte práctica en términos de *software* y manejo asociado a esas técnicas instrumentales. Todo ello adaptado de forma que se pueda facilitar su comprensión a alumnos que tengan necesidades especiales (psíquicas o sensoriales) e internacionalización para aquellos de habla extranjera, en forma de inclusión de traducción simultánea a lenguaje de signos y traducción al inglés.

Abstract

The appearance of new technologies (internet, digital television, satellite, etc.) has meant a turning point in the ways of communication in society and, of course, in the ways of learning and teaching. In the study of the experimental part of the subjects of Biomaterials and Bioinorganic Chemistry and Biomaterials, of the degrees in Materials Engineering and in Pharmacy, a great lack of basic concepts related to the practical part in relation to the use of the multiple instrumental techniques used, as well as the understanding of the theoretical foundations associated with these, has been detected in a generalised way in the students.

To this end, it has been proposed to develop, through innovative *e-learning* strategies based on the use of various computer resources systematically used in the Department of Chemistry in Pharmaceutical Sciences, a series of didactic materials based on the development of videotutorials covering both the theoretical part and the practical part in terms of software and handling associated with the instrumental techniques used. All of this is adapted in such a way as to facilitate understanding for students with special needs (mental or sensory) and internationalisation for foreign speakers, in the form of the inclusion of simultaneous translation into sign language and translation into English.

INTRODUCCIÓN

El *e-learning* o enseñanza virtual nos abre las puertas a una modalidad de estudio en la que docentes y alumnos toman contacto en un entorno digital basado en las tecnologías de la información y la comunicación e internet, permitiendo una autonomía en el aprendizaje, facilitando una comunicación constante y fluida con un acceso ilimitado al conocimiento [1,2]. La aplicación de esta metodología implica fundamentalmente dos conceptos: primero, la separación física entre el alumno y el profesor a diferencia de la docencia presencial o la docencia semipresencial. Segundo, la eliminación de los límites espacio-temporales facilitando una flexibilidad al alumno en función de su disponibilidad y necesidades individuales [3,4]. Aprovechando esta metodología nuestro trabajo tiene como objetivo fundamental la elaboración de material audiovisual para la mejora de la comprensión de las prácticas de las asignaturas de Biomateriales y Química Bioinorgánica y Biomateriales, de tercero y cuarto curso de los grados en Ingeniería de Materiales y en Farmacia. En el transcurso de la parte experimental de estas asignaturas se ha detectado de forma generalizada una gran carencia en los alumnos de conceptos básicos relacionados con la parte práctica, en relación con el uso de las técnicas instrumentales utilizadas –difracción de rayos X (DRX) y espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR)– así como la comprensión de los fundamentos teóricos asociados a las mismas. Por ello, para el buen desarrollo de las prácticas en el laboratorio es necesario que el alumno disponga de una información adecuada que le permita conocer los distintos aspectos del proceso experimental a realizar; a través de la elaboración de una página web disponible en el campus virtual. Para ello, lo habitual es utilizar un manual de prácticas de laboratorio en el que se aporta información sobre conceptos básicos, material a utilizar; procedimiento experimental, seguridad, etc. de cada práctica. Hay tres aspectos de gran importancia desde el punto de vista formativo que vamos a abordar: 1) fortalecimiento de los conceptos básicos en los que se apoya el trabajo experimental a realizar en cada práctica; 2) manejo del software asociado a las técnicas experimentales que permitan tanto el manejo del equipo como el tratamiento de los resultados e interpretación de los datos obtenidos, utilizando herramientas *e-learning*, y 3) facilitar la comprensión de los dos objetivos anteriores a personas con discapacidades auditivas o idioma, incluyendo subtítulos en español e inglés en los vídeos elaborados junto con una traducción simultánea a lenguaje de signos, de forma que se pueda presentar toda la información de manera visual, estructurada, secuencial y en pasos ordenados. Todo ello complementado con un análisis del grado de entendimiento del material a través de la elaboración de cuestionarios en línea de cada técnica, para la comprobación por el propio alumno de su evolución en la asignatura antes y durante la realización las prácticas [5]. Esta herramienta estaría disponible para el alumno durante las 24 horas del día, 365 días al año, a través del campus virtual, con el fin de que el alumno gestione su aprendizaje. Además, en dicha elaboración se tendrá muy en cuenta la inclusión de los alumnos con diversidad, presentando dicha información de manera visual, estructurada, secuencial y en pasos ordenados, así como la incorporación del lenguaje de signos en el material audiovisual elaborado.

Este proyecto de innovación docente está enmarcado en tres competencias: comunicación oral y escrita en la/s lengua/s materna/s, comunicación en lengua extranjera, y utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito de estudio y contexto profesional [6]. Estas competencias son clave para el desarrollo académico y profesional de los alumnos/as, especialmente para alumnos/as con algún tipo de discapacidad [7,8]. A través del material elaborado por profesores del Departamento de Química en Ciencias Farmacéuticas de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid se realiza, con todos los medios disponibles, un esfuerzo para mejorar la inclusión de estos alumnos/as tanto en un contexto en línea como presencial en un laboratorio de química.

ANTECEDENTES Y OBJETIVO

En los últimos años, concretamente dentro de la asignatura de Química Bioinorgánica y Biomateriales de cuarto curso del Grado en Farmacia (optativa) y en la de Biomateriales (obligatoria) de Ingeniería de Materiales, se ha observado una clara disminución del número de alumnos, así como en las notas obtenidas (figura 1).

Dentro de esta tendencia, en la parte experimental relativa a las prácticas de laboratorio, hemos observado una carencia de conceptos básicos que impiden su completa comprensión por parte de los alumnos,

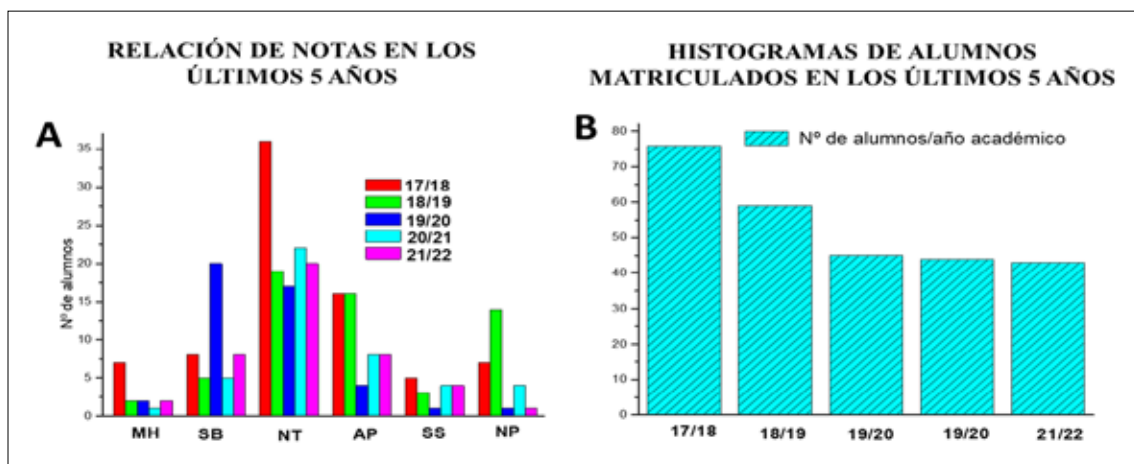


Figura 1. A) Relación de la evolución de los resultados académicos. B) Alumnos matriculados en los últimos años en la asignatura de 4º curso, Química Bioinorgánica y Biomateriales.

no explicados en la parte teórica por reducción de horas en las asignaturas o en otras asignaturas de los grados. A este factor hay que sumar también el aumento de alumnos con diversidad, discapacidades auditivas/psíquicas o cuya lengua materna no sea el español, en el último curso 2021/2022, como se puede observar en la figura 2.

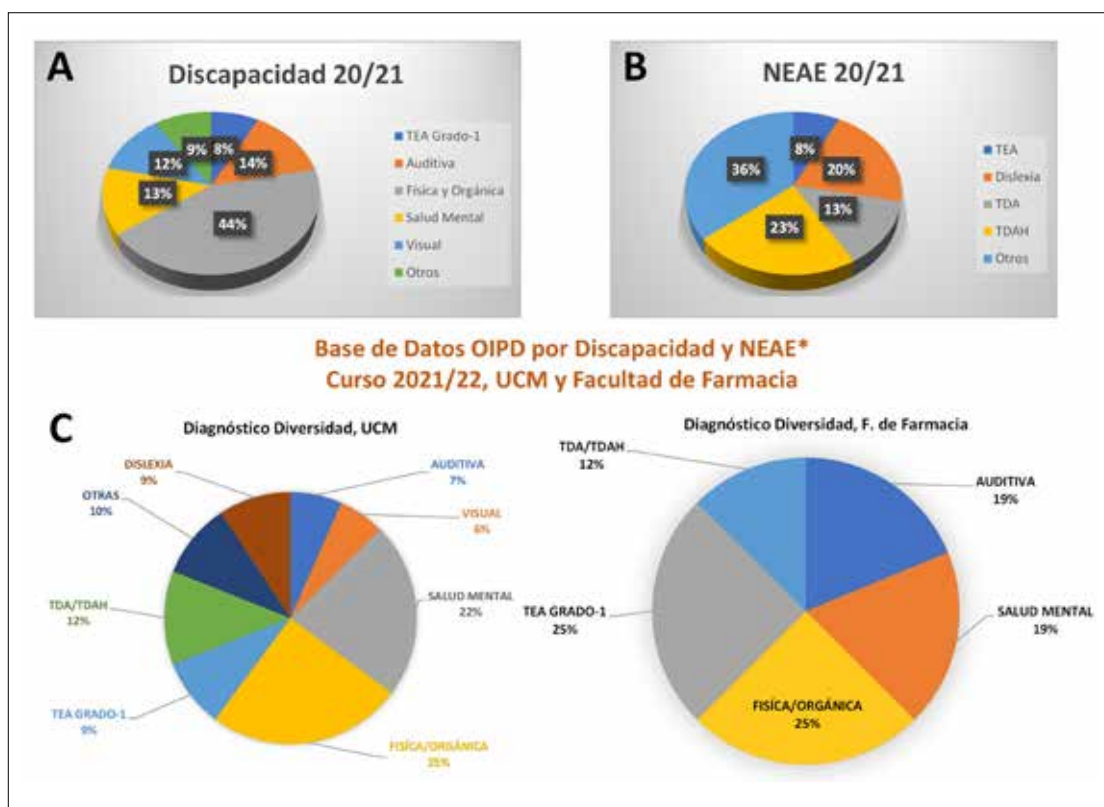


Figura 2. (A) Datos de alumnos con diversidad y (B) necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE) facilitados por la oficina para la inclusión de personas con diversidad (OIPD) de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). (C) Descripción del diagnóstico de cada tipo de diversidad para la UCM en general y la Facultad de Farmacia en particular.

Para abordar dicha problemática se propone el uso de estrategias innovadoras que permitan facilitar esta labor, mediante la creación de diversos recursos informáticos orientados a explicar y afianzar los conceptos básicos utilizados en la parte práctica de la asignatura, todo ello en el marco de un proyecto de innovación educativa (figura 3).

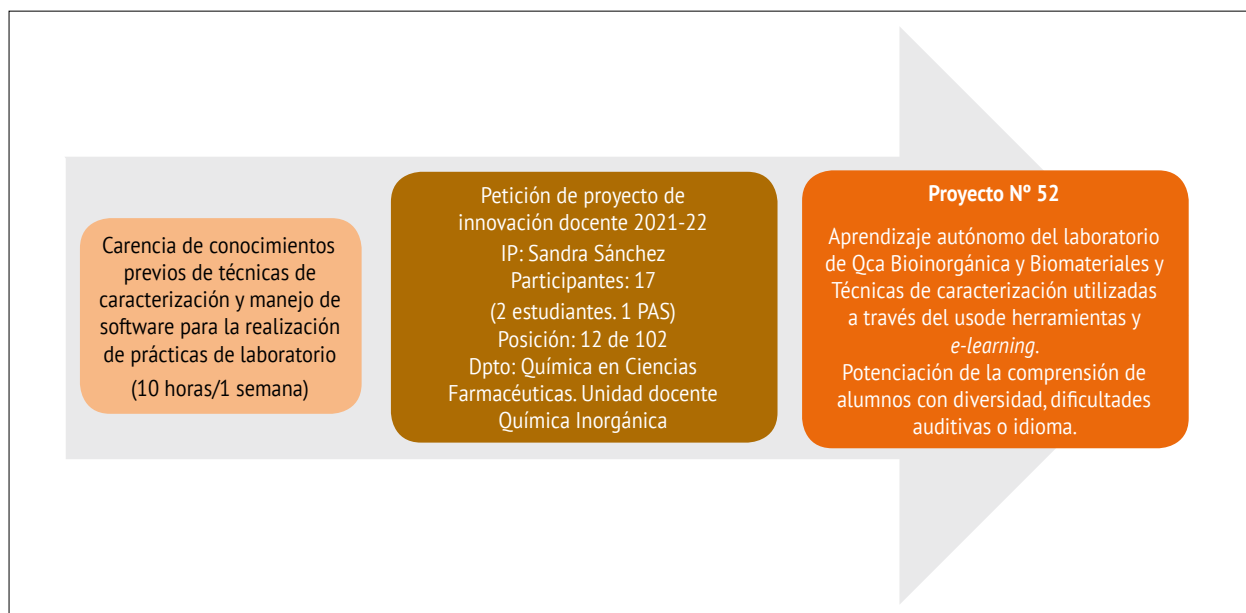


Figura 3. Antecedentes y objetivos: Concesión del Proyecto de Innovación Docente.

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

Las prácticas de laboratorio son una parte fundamental de las asignaturas mencionadas en grados universitarios. Este tipo de actividades permite a los estudiantes desarrollar competencias específicas como el uso de equipamiento e instrumentación científica, la búsqueda y análisis de datos, etc., así como, competencias transversales como son el trabajo en equipo, la resolución de problemas o el pensamiento crítico [9].

En la **Figura 4** se ilustran los siguientes pasos para la elaboración e implementación del material audiovisual elaborado:

- A.** Preparación de las presentaciones en *PowerPoint*: Se organizaron tres grupos de trabajo para la elaboración de dos vídeos cada uno [10-12]. Por un lado, de los conceptos fundamentales de la técnica instrumental y por otro del manejo del *software* y equipo de medida, tanto en inglés como en español. Las técnicas experimentales utilizadas son: difracción de rayos X (DRX) [13] y espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) [14]. En la técnica de DRX se explican los fundamentos así como la interpretación de difractogramas sencillos basados en biomateriales como hueso de pollo, caparazón de molusco o huevo. En el caso de FTIR se explican los fundamentos de la espectroscopía de infrarrojo aplicados a dichos biomateriales, así como el manejo del *software* *Omniscopy* para realizar el análisis e interpretación de las bandas de los grupos funcionales característicos de cada biomaterial.

- B.** Tras la elaboración del material se realizaron varias reuniones de los grupos de trabajo para la homogeneización y mejora de aquél.
- C.** A partir de estas presentaciones se procedió a la grabación de los vídeos correspondientes, tanto en español como en inglés, a través del software de grabación de vídeos de *PowerPoint*.

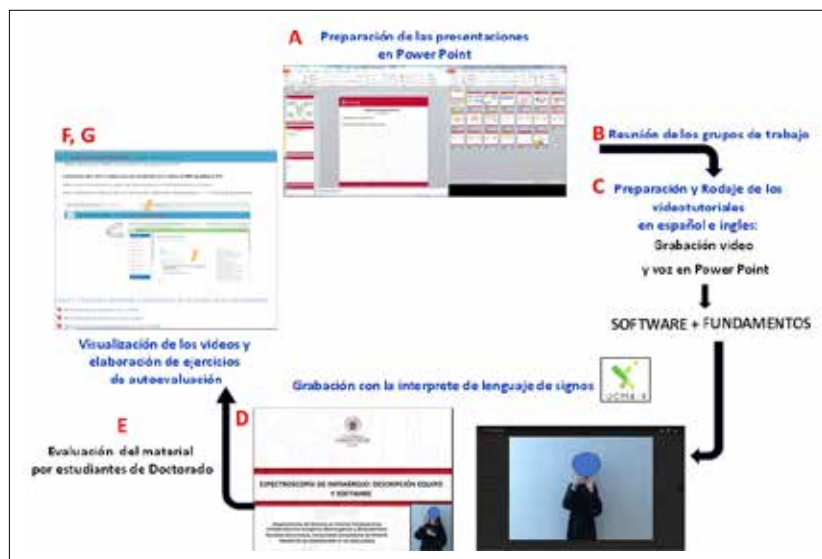


Figura 4. Descripción de las diferentes etapas desarrolladas en la elaboración del material audiovisual.

- D. En tercer lugar, se procedió a grabar los vídeos de la traducción simultánea a lenguaje de signos con la intérprete de la oficina para la inclusión de personas con diversidad (OIPD).
- E. Se realizó una evaluación del material desarrollado por parte de los estudiantes de doctorado del grupo de investigación, como estudiantes experimentados en las técnicas explicadas.
- F. Se redactaron por último una serie de pruebas de autoevaluación relacionadas con los videotutoriales preparados, para evaluar el nivel de comprensión y la utilidad del material audiovisual.
- G. En último lugar, todo este material junto con la prueba de autoevaluación se pone a disposición de los alumnos en el campus virtual como tarea de la asignatura. Finalmente, a modo de prueba de concepto, se propuso a los alumnos, la realización de las autoevaluaciones antes y después de realizar las prácticas de la asignatura, para observar la evolución del manejo de las técnicas y manejo de equipos explicados.

Por otro lado, para evaluar el nivel de satisfacción de los alumnos, se les ha distribuido una encuesta para evaluar la utilidad del material desarrollado en la comprensión de las técnicas instrumentales utilizadas (**figura 5A**). Los dos grupos de prácticas compuestos por 28 alumnos de la asignatura Biomateriales cumplimentaron dicho cuestionario. Se observó en general una buena aceptación y satisfacción del alumnado en términos de mejora del entendimiento y comprensión de los conceptos y técnicas utilizados en el transcurso de las prácticas de laboratorio tras la visualización de los vídeos y la realización de la prueba de autoevaluación.

Preguntas de la encuesta de satisfacción

A VIDEO DE LA TÉCNICA DE RAYOS-X

	1	2	3	4	5
1. Expone de manera clara y comprensible el objetivo de la técnica de caracterización					
2. Me ha ayudado a resolver las cuestiones que se plantean en la guía de prácticas					
3. Me ha facilitado la comprensión de los conceptos que se explican en las prácticas					
4. Ha sido de ayuda para el desarrollo de las prácticas					
5. Me ha ayudado a adquirir mejor los conocimientos y competencias que se exigen en la asignatura					

VIDEO DE LA TÉCNICA DE INFRARROJO

	1	2	3	4	5
1. Expone de manera clara y comprensible el objetivo de la técnica de caracterización					
2. Me ha ayudado a resolver las cuestiones que se plantean en la guía de prácticas					
3. Me ha facilitado la comprensión de los conceptos que se explican en las prácticas					
4. Ha sido de ayuda para el desarrollo de las prácticas					
5. Me ha ayudado a adquirir mejor los conocimientos y competencias que se exigen en la asignatura					

Respuestas de la encuesta de satisfacción

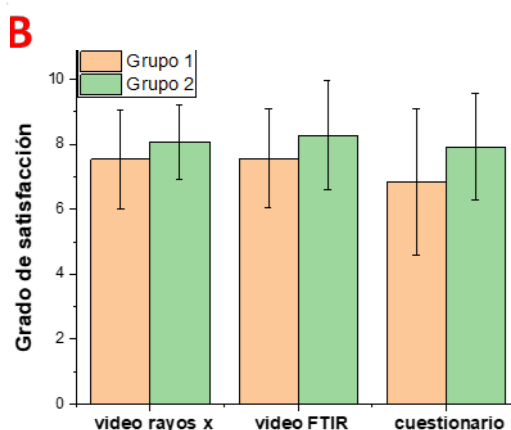


Figura 5. (A) Encuesta de satisfacción de los alumnos realizada tras las prácticas de laboratorio. (B) Resultados del grado de satisfacción de los dos grupos de alumnos tras el uso del material docente preparado.

En último lugar, se ha procedido a analizar (**figura 6**) la evolución de las notas obtenidas por los alumnos durante el curso 19-20, sin la posibilidad de utilizar el material realizado, y el curso 21-22, tras el uso de los vídeos explicativos y ejercicios de autoevaluación preparados. Teniendo en cuenta que la nota de las prácticas realizadas implica un 20% de la nota total de la asignatura teórico-práctica, se ha incrementado en un 21% el número de alumnos que aprobaron. Cabe destacar que la cifra de alumnos no presentados en el último año académico descendió a cero y que ha disminuido el número de suspensos del 44% al 30%. Por lo tanto, se puede demostrar que la visualización de los vídeos que suman un total de menos de media hora, las veces que sea necesario para cada alumno, junto con la realización de un cuestionario de 20 preguntas de autoevaluación realizado antes y después de las prácticas para afianzar todo lo aprendido, han sido de gran utilidad para la buena comprensión de técnicas de caracterización complejas pero fundamentales en la evaluación físico-química de biomateriales estudiados en la asignatura.

Estos prometedores resultados están en la línea de los obtenidos en otros estudios donde se ha implementado material en línea, como las aplicaciones basadas en el método de aula invertida [15-17], por lo que se seguirán implementando tanto en los sucesivos cursos de dicha asignatura como en las asignaturas hermanas del Grado en Farmacia y Máster de Biomateriales. En dicho curso académico no hemos podido llevar a cabo

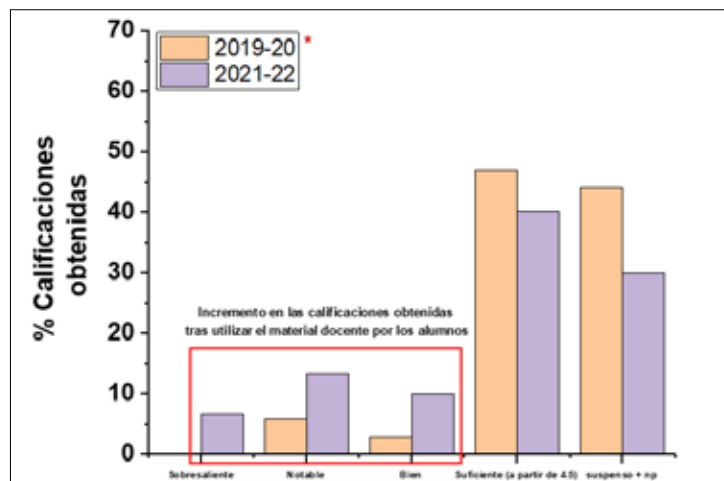


Figura 6 Análisis comparativo de la evolución de las calificaciones obtenidas por los alumnos comparando el curso 19-20, sin el uso del material docente realizado, con el curso 21-22, utilizando los recursos preparados. *No se ha tenido en cuenta el curso 20-21 debido a la pandemia y al cambio en el modo de impartir las prácticas durante ese curso.

Esta mejora se ha plasmado en un incremento en las calificaciones obtenidas por los alumnos en el curso 21-22 tras la implantación de estos materiales audiovisuales explicativos. Se ha podido observar cómo la extensión en línea del aprendizaje presencial ha supuesto una herramienta de gran utilidad en el rendimiento de los alumnos debido a su mejor respuesta y capacidad de actuación en el laboratorio de prácticas.

En el curso 2021-22 no se ha podido evaluar por falta de alumnos con diversidad o extranjeros, pero en el futuro se favorecerá la inclusión de alumnos con diversidad mediante la adaptación de los materiales didácticos al lenguaje de signos y en dos idiomas, lo que facilitará la internacionalización y una mayor difusión de los contenidos en cursos venideros. Además, este material audiovisual será aplicable de forma adicional a aquellos alumnos que realicen TFG, TFM y Tesis Doctorales en las áreas de Farmacia, Ingeniería de Materiales y Máster en Biomateriales.

La participación activa de 15 profesores tanto noveles como experimentados en dicha asignatura ha servido para un intercambio muy fructífero de puntos de vista a la hora de implementar dicho material audiovisual mediante las técnicas *e-learning* elaboradas, del que todos independientemente de la experiencia docente hemos aprendido.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto nº 52 de Innova-Docencia de la convocatoria 2021-2022 de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) ya todos los miembros participantes en el mismo. A la Oficina para la Inclusión de Personas con Diversidad (OIPD) de la UCM. Al Centro de Asistencia a la Investigación de Difracción de Rayos X de la Facultad de Farmacia de la UCM.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] GROS, B. (2018) La evolución del e-learning: del aula virtual a la red. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia* 21, 69-82.
- [2] GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, N., GARCÍA-GONZÁLEZ, J.L. (2012). Metodologías participativas para la mejora del aprendizaje en educación superior. Un proyecto innovador con estudiantes de la Facultad de Educación. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* 3, 80-93.
- [3] SÁNCHEZ-VERA, M.M., SERRANO-SÁNCHEZ, J.L., PRENDES-ESPINOSA, M.P. (2013). Análisis comparativo de las interacciones presenciales y virtuales de los estudiantes de enseñanza secundaria obligatoria. *Educación XXI* 16, 351-374.

la evaluación de la utilidad del lenguaje de signos ni del idioma por falta de alumnos con estas necesidades, sin embargo con las estadísticas de la presencia de este tipo de alumnos en los grados de ingeniería y farmacia se podrán implementar en breve en los sucesivos cursos.

CONCLUSIONES

Se ha aplicado con éxito un método de enseñanza *e-learning* en la asignatura de Biomateriales del Grado de Ingeniería. Dicha metodología es potencialmente aplicable a varias asignaturas dentro de los Grados en Farmacia, Química, Ingeniería de Materiales y Máster Universitario en Biomateriales. Se ha aplicado con éxito todo el material docente realizado en la asignatura de Biomateriales del Grado en Ingeniería, obteniendo una respuesta positiva por parte de los alumnos, como se observa a través de las encuestas realizadas.

- [4] AVELLO, R., DUART, J.M. (2016). Nuevas tendencias de aprendizaje colaborativo en e-learning. Claves para su implementación efectiva. *Estudios Pedagógicos XLII*, 1, 271-282.
- [5] PULUKURI, S., ABRAMS, B. (2021) Improving Learning Outcomes and Metacognitive Monitoring: Replacing Traditional Textbook Readings with Question-Embedded Videos. *Journal of Chemical Education* 98, 2156–2166.
- [6] MONTERO, M. (2010) El proceso de Bolonia y las nuevas competencias. *Tejuelo* 9, 19-37
- [7] CRUZ, A., DÁVILA CÁRDENES, N. GONZÁLEZ BETANCOR, S. M., LÓPEZ PUIG, A. J., SUÁREZ FALCÓN, H. (2011) Verano Tacoronte, D. *Las competencias transversales y el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES): una experiencia de evaluación de la competencia de comunicación oral en la ULPGC Bolívar*. VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior.
- [8] GOÑI ZABALA, J.M. (2007) *El espacio europeo de educación superior, un reto para la universidad. Competencias, tareas y evaluación, los ejes del currículo universitario*, Barcelona, Ed. Octaedro.
- [9] OLIVER-HOYO, M.T. (2003) Designing a written assignment to promote the use of critical thinking skills in an introductory chemistry course. *Journal of Chemical Education* 8, 899-903.
- [10] REYNDERS, G., SUH, E., COLE, R.S. SANSOM, R.L. (2019) Developing Student Process Skills in a General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education* 96, 2109–2119.
- [11] TAFUR PERAL, A. (2011) *Manual práctico para hacer textos accesibles para estudiantes con diversidad funcional*. Oficina para la Inclusión de Personas con Diversidad (OIPD), Universidad Complutense de Madrid.
- [12] RODRÍGUEZ INFANTE, G. BORRELL PUCHARES, R. ASENSI BORRÁS, C. JAÉN JAÉN, E. (2017) *Guía de adaptaciones en la universidad*. Red SAPDU (Red de Servicios de Apoyo a Personas con Discapacidad en la Universidad) - Grupo de Adaptaciones.
- [13] CHRISTEN, HR (1986) *Fundamentos de la Química General e Inorgánica*. Reverté S.A. España.
- [14] PRETSCH E. (1998) *Tablas para la determinación estructural por métodos espectroscópicos*. Springer Ibérica, B35.
- [15] BUSTOS, J.O., DEL HIERRO, I., PEREZ, Y. (2009) La inclusión de la gamificación en las prácticas de laboratorio de asignaturas de química en la universidad empleando la herramienta genially. *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (II)*, 297.
- [16] TOURÓN, J., SANTIAGO, R., DÍEZ, A. (2014). *The flipped classroom: cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje*. Editorial Digital Text, 155.
- [17] BARBADILLO, C.B., RAMOS, J.C.M., SANZ, M.V., GARCÍA, M.T.R. GONZALEZ-MATILLA, J.F., CEBRIAN, J.D.S. (2018) *Desarrollo del aula virtual como soporte del aprendizaje flexible de las competencias relacionadas con la determinación estructural de compuestos orgánicos*, en *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (II)*, Marisa González Montero de Espinosa, Alfredo Baratas Díaz, Ángel Herráez Sánchez (eds.).

Índice de autores

- Alcázar Montero, María Victoria 11
- Alique, Matilde 221
- Alvarado, Rosa 255
- Angosto Sánchez, Irene 18
- Aquilino, Mónica 27
- Aranda Cuerva, Elena 27
- Arias Ávila, Nelson 289
- Armendáriz Sanz, Andrés 35
- Baena, Javier 255
- Baquero López, Juan Miguel 47
- Barrera Picón, Luis 205
- Bermejo San Frutos, Ángela 213
- Bermúdez-Rochas, David 55
- Blázquez, Cristina 269
- Bravo, Beatriz 55
- Carracedo, Julia 63 / 221
- Cascarosa Salillas, M^a Esther 113
- Cassinello Espinosa, Pablo 165
- de Echave Sanz, Ana 113
- Díaz León, María Betsabé 227
- Domínguez Hernández, Julia D. 131
- Eff-Darwich Peña, Antonio 69 / 85 / 227
- Esquivel, Laura 93
- Esquivel-Martín, Tamara 27
- Fernández-Silgado, Candela 255
- Fesharakí, Omid 233
- Fuente-Ballesteros, Adrián 77
- Gálvez Esteban, Rosa 213
- Gamarra, Jesús 233
- García Lorenzo, Begoña 69
- García Tenorio, Maricarmen 93
- García Frank, Alejandra 233
- Goded Merino, Alejandra 69 / 85 / 227
- Gómez Castro, Emilio 101
- Gómez Gómez, Beatriz 101
- Gómez Mejía, Esther 101
- González Montelongo, Cristina 69
- González Pérez, Sara 227
- González Santiago, Aketzalli 93
- González, Juan F. 269
- González Pérez, Sara 69 / 85
- Gracia Lor, Emma 101
- Hebrero Domínguez, Gema 277
- Hernández Vázquez, Edith 283
- Jiménez-Arias, David 227
- Laso Salvador, Sandra 107
- López García-Gallo, Pilar 205
- López González, Sara Itzel 93
- López Alvarado, Pilar 269
- Marrodán Serrano, María Dolores 63
- Martín García, Jorge 113
- Martín Serrano Ortiz, Ángela 121
- Mayorga Buchely, Jessica Lorena 289
- Mendoza Gutiérrez, Lucero Adriana 93 / 241
- Menéndez, José C. 269
- Morales-Sierra, Sarai 227
- Mora Urda, Ana Isabel 55
- Moreno Martínez, Luis 131
- Moreno Martín, Gustavo 101
- Muñoz Olivas, Riansares 101
- Narváez, Iván 255
- Negrín Medina, Miguel Ángel 139
- Ortega Rivas, Antonio 69
- Otero Calviño, Natalia 149
- Pallé Manzano, Pere 69
- Pérez Gómez, Virginia 227
- Perez Vargas, Israel 69
- Pérez-Corona, María Teresa 101
- Pérez-Martín, José Manuel 27 / 187 / 255
- Pinto Cañón, Gabriel 11 / 155
- Prada Alonso, Alexandra 247
- Prada Pérez de Azpeitia, Fernando Ignacio 165
- Ramírez, Rafael 221
- Ramiro Bargueño, Julio 173
- Ramos, María Teresa 269
- Ramos, Marta 255

Reyes Martín, Héctor179
Rodríguez de Vera, Caterina69 / 227
Rodríguez, Airam261
Rodríguez Torrenova, Silvia M^a187
Rosa Novalbos, David261
Ruiz Pastrana, Mercedes77 / 107
Ruiz, Miriam269
Salazar Ortiz, Sacnicte93
Sánchez Salcedo, Sandra2927
Sánchez, J. Domingo269

Sánchez, Noelia55 / 187
Tomás Cardoso, Rafael195
Torre Roldán, Mercedes121
Tricio Gómez, Verónica289
Vázquez Mínguez, Óscar247
Vázquez Parra, Jorge A.277
Vicente Zurdo, David101
Villacampa, Mercedes269
Yanes Gómez, Adán227

Palabras clave

- “fake news”121
- actitudes113
- actividades científico-divulgativas255
- ambiente (CTSA)121
- análisis estadístico101
- aprendizaje247 / 283
- aprendizaje basado en indagación55
- aprendizaje basado en juegos227
- aprendizaje basado en juegos (ABJ)213 / 233
- aprendizaje basado en simulaciones47
- aprendizaje cooperativo interuniversitario221
- aprendizaje de la física179
- aprendizaje experiencial113
- aprendizaje por indagación107
- astronomía227
- aula invertida297
- bachillerato101
- biología evolutiva93
- birrefringencias curiosas165
- borrasca Filomena121
- calor121
- cambio climático121 / 205
- campos electromagnéticos173
- cáncer familiar247
- caracteres35
- ciencia121
- ciencias experimentales69 / 227
- ciencias naturales205
- cladograma35
- competencia científica277
- competencias científicas261
- comunidad científica85
- conciencia ambiental107
- concursos científicos255
- consejo genético47
- contaminación205
- contaminación lumínica261
- COVID-19149
- cráneo35
- currículo139
- desafección187
- desarrollo sostenible101
- destrezas científicas55
- didáctica de la biología19
- didáctica de la química131
- didáctica de las ciencias11
- diversidad humana195
- divulgación científica63 / 101 / 205 / 233
- docencia *online* vs presencial63
- docente187 / 289
- e-learning*297
- educación ambiental107 / 213
- educación básica241
- educación CTIM131
- educación en la igualdad195
- educación infantil27
- educación para la salud27
- educación preescolar107
- educación presencial247
- educación primaria55 / 227 / 277
- educación secundaria19 / 47 / 69 / 289
- educación STEM11 / 155
- efecto Branly173
- elementos químicos155
- encuestas101
- energía121
- enfermedades emergentes213
- energías renovables289
- enfoque de género195
- enseñanza audiovisual de química orgánica269
- enseñanza de la física179
- enseñanza de la química77
- enseñanza de las ciencias113
- enseñanza de química283
- enseñanza en línea149
- enseñanza no formal241
- enseñanza secundaria131 / 187
- enseñanza secundaria obligatoria101
- escala likert101
- espacio virtual289
- estilos comunicativos187
- estudios sociales de la ciencia195

evolución humana	93	isomería	269	preconceptos	19
física mágica	165	jóvenes investigadores	255	prehistoria	93
física y química	131	juego de mesa	213 / 233	prevención de riesgos	149
<i>flipped classroom</i>	247	leishmaniosis	213	Procoler	289
formación de profesorado	55	M30	173	propuesta de enseñanza	107
formación de profesores	113	martes	69	propuesta de innovación	77
formación inicial docente	139	máster universitario	63	propuestas educativas	27
formación profesional	77	mecanismos de la química orgánica	269	química	297
formación profesorado	227	medio ambiente	205	química orgánica	269
fósiles	35	método científico	85	recursos didácticos	27
fotosíntesis	19	metodologías	27	recursos educativos	11
gamificación	233	motivación	63	riesgo volcánico	139
género	93	motivaciones	179	SARS-CoV-2	247
geografía	241	museo	205	sociedad	121
hipótesis	85	neurociencia	179	STEAM	149 / 277
historia de la ciencia	131 / 155 / 195	normal superior	283	talleres científicos	255
homininos	35	nutrición vegetal	19	teatro popular	241
ideas alternativas	19	objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	205 / 213	tecnología	121
ideas previas	77	paleoantropología	35	tecnologías de la información y la comunicación	269
implementación	221	pandemia	149 / 221	telescopios robóticos	277
inclusión	297	patrimonio paleontológico	233	temáticas	27
inglés	297	pensamiento crítico	85 / 283	trabajo fin de grado	221
innovación	63 / 69 / 227	percepción	139	trabajo fin de máster	221
interdisciplinaridad	149	polarización	173	validación	85
invertebrados	261	polarizaciones sorprendentes	165	vídeo tutorial como recurso multimedia	269
investigación activa	255	preconcepciones erróneas	77	vocación científica	187
				volcán de Cumbre Vieja	139
				vulcanismo canario	138

Keywords

- active research255
alternative ideas19
astronomy277
attitudes149
audio-visual teaching of organic chemistry.....269
basic education241
board game213 / 233
Branly effect173
canary islands volcanism139
characters35
chemical elements155
chemistry297
chemistry teaching77 / 283
cladogram35
classroom education247
climate change121 / 205
communicative styles187
cooperative interuniversity learning221
COVID-19149
critical thinking85 / 283
Cumbre Vieja volcano139
curious birefringences165
curricula139
didactic resources27
didactics of biology19
didactics of chemistry131
didactics of sciences11
disaffection187
e-learning297
early childhood education27 / 107
education for equality195
educational proposals27
educational resources11
electromagnetic fields173
emerging diseases213
end of degree project221
energy121
english297
environment205
environment (STSE)121
environmental awareness107
environmental education107 / 213
evolutionary biology93
experiential learning113
experimental sciences69 / 227
fake news121
familial cancer47
Filomena storm121
final master's project221
flipped classroom247
fossils35
game-based learning233
game-based learning (GBL)213
gamification233
gender93
gender approach195
genetic counselling47
geography241
health education27
heat121
history of science131 / 155 / 195
homininis35
human diversity195
human evolution93
hypothesis85
implementation221
inclusion297
information and communication technologie269
initial teacher training139
innovation63 / 69 / 227
innovation proposal77
inquiry learning107
inquiry-based learning55
interdisciplinarity149
invertebrates261
inverted classroom297
isomerism269
stereochemistry269
learning247 / 283
learning physics179
leishmaniosis213
light pollution261
likert scale101
M30173
magical physics165
mars69
mechanisms of organic chemistry269
methodologies27
middle school and high school101
misconceptions19
motivation63
motivations179

museum	205	professor	289	STEAM education	155
natural sciences	205	renewable energy	289	STEM education	11 / 131
neuroscience	179	risk prevention	149	surprising polarizations	165
non formal education	241	robotic telescopes	277	surveys	101
normal superior	283	role-playing	47	sustainable development	101
online teaching	149	SARS-CoV-2	247	sustainable development goals (SDG)	205
online vs. face-to-face teaching	63	science	121	sustainable development goals (SDGs)	213
organic chemistry	269	science education	113	teacher	187
palaeoanthropology	35	scientific community	85	teacher education	113
palaeontological heritage	233	scientific competences	261	teacher training	55 / 227
pandemic	149 / 221	scientific contests	255	teaching physics	179
perception	139	scientific dissemination	63	teaching proposal	107
photosynthesis	19	scientific dissemination activities	255	technology	121
physics and chemistry	131	scientific divulgation	205 / 233	topics	27
plant nutrition	19	scientific method	85	university master's degree	63
polarization	173	scientific skills	55 / 277	validation	85
pollution	205	scientific vocation	187	video tutorial as a multimedia resource	269
popular theater	241	scientific workshops	255	virtual space	289
preconceived misconceptions	77	secondary education	19 / 47 / 69 / 131 / 187 / 289	vocational education and training	149
prehistory	93	skull	35	volcanic risk	77
previous ideas	77	social studies of science	195	young researchers	255
primary education	55 / 227 / 277	society	121		
Procoler	289	statistical analysis	101		
		STEAM	149 / 277		

Todos los contenidos: textos e imágenes que se incluyen en los artículos incorporados en esta obra han sido aportados por los autores de cada uno de los trabajos, quienes responden de la autoría y originalidad de los mismos. La responsabilidad de su publicación corresponde única y exclusivamente a dichos autores.



Esta obra se publica bajo acceso abierto, según la licencia Creative Commons Atribución – NoComercial – SinDerivadas (CC-by-nc-nd, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>). Los derechos corresponden a los autores de cada artículo.

ISBN: 978-84-09-49733-1

DOI: 10.5281/zenodo.7301517

Editan: CDL Madrid y Grupo SM

Colaboran:



Universidad
Complutense
Madrid



Colegio Oficial de Docentes
COLEGIO OFICIAL DE DOCTORES Y LICENCIADOS EN
FILOSOFÍA Y LETRAS Y EN CIENCIAS
DE LA COMUNIDAD DE MADRID

